INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

CARREIRAS DE TIRO:

INTRODUÇÃO AOS PRINCÍPIOS, TÉCNICAS E DISPOSITIVOS CONDUCENTES À SUA OPTIMIZAÇÃO

José Pedro Pais de Oliveira Fernandes Basto

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Militar

Júri

Presidente:	Professor Doutor António Alberto do Nascimento Pinheiro
Orientador IST:	Professor Doutor João Paulo Janeiro Gomes Ferreira
Orientador AM:	Tenente-Coronel Engenharia João António Sequeira de Almeida
Vogais:	Professor Doutor Jorge Manuel Caliço Lopes de Brito
	Tenente-Coronel Engenharia Albano Manuel Claro Azevedo da Silva

Maio de 2008

AGRADECIMENTOS

A dissertação que se apresenta consiste da soma de um conjunto de esforços, sem os quais, o do autor não teria igualável valor. O autor sente, dessa forma, que a manifestação de reconhecimento pelo contributo prestado, deve ser formalmente partilhada, expressa pelo desejo de aduzir os mais sinceros agradecimentos:

Ao TCor João Sequeira de Almeida pela permanente e total disponibilidade, revelada desde o primeiro contacto, pela resposta célere a todas as solicitações, pela boa disposição e paciência demonstrados ao longo de todo o processo de resolução da dissertação, pela dedicação, espírito de sacrifício e camaradagem revelados, não obstante feriados, fins de semana e férias, pelo afável apoio, e pelo exemplo que representa enquanto Engenheiro Militar e Oficial do Exército.

Ao Prof. João Ferreira pela forma humilde, sincera e dedicada com que abordou o tema, bem como pela motivação constante e pela autonomia que concedeu ao autor, tendo revelado um inesmitável espíriíto crítico face a todos os assuntos, e pela disponibilidade revelada em prol da apresentação do trabalho.

Ao Prof. Albano Neves e Sousa, professor do IST, pela forma descontraída e interessada como prestou esclarecimentos relativamente à temática da acústica, pela sugestão e cedência de bibliografia.

Ao TCor Adriano Firmino, desempenhando funções no Comando de Instrução e Doutrina do Exército, pela forma aberta e interessada com que abordou o trabalho do autor, materializada na forma afável e disponível como o recebeu em Évora, e pela cedência de bibliografia.

À Graciete, base de apoio pessoal incontornável e incondicional, agradece a compreensão nas ausências, a motivação nos momentos difíceis, e a dedicação sempre presente, dia após dia.

À família e amigos.

RESUMO

O estudo das infra-estruturas de tiro compreende a necessidade de reconhecer e avaliar os fenómenos abrangidos pela segurança, impacte ambiental e consequências, para a saúde no trabalho, do ruído e da contaminação pelo chumbo. Caracterizadas a natureza, a forma como se desenvolvem e as consequências desses fenómenos nas carreiras de tiro e nos seus utilizadores, foram introduzidos os princípios, técnicas e dispositivos, cuja adopção conduz à optimização dos conceitos de carreira de tiro exterior e interior. A análise crítica de infra-estruturas existentes permitiu realçar a importância da abordagem adoptada. Ao nível da segurança, verificou-se a necessidade de adequar as condições de desenfiamento, através de dispositivos pára-balas concebidos para o efeito, diafragmas, muros ou paredes laterais em plataformas de tiro cobertas e fixas. Quanto ao ruído, verificou-se ser indispensável envolver as plataformas de tiro com materiais absorventes acústicos, a obrigatoriedade da utilização de protectores de ouvidos e, nas carreiras de tiro interiores, garantir o isolamento sonoro. A respeito da contaminação pelo chumbo, verificou-se, nas carreiras de tiro exteriores, a necessidade de controlar a disseminação de chumbo pelos recursos naturais e, nas interiores, de adequar os sistemas de ventilação. Verificou-se transversalmente a importância da implementação de planos de saúde, higiene e segurança. Os resultados revelam a urgência de aprofundar as mudanças já sentidas no paradigma que norteou a concepção das carreiras de tiro nos séculos XIX e XX e de reestruturar os manuais e regulamentos em vigor. O novo paradigma será válido quer na concepção de infra-estruturas de raiz, quer na beneficiação das existentes.

ABSTRACT

The study of firing ranges involves the identification and assessment of the different phenomena regarding safety requirements, environmental issues and occupational safety and health hazards regarding noise and lead exposure. After describing the source, means of propagation and effects of those phenomena on firing ranges and on its users, the different methods and technologies for optimization of outdoors and indoors firing ranges are presented. Concerning safety, the need to include adequate bullet traps, safety baffles, side walls and steady covered firing lines on the range layout is pointed out. Regarding noise control, the need for surrounding firing lines with sound barriers and treating them acoustically, and implementing the use of hearing protection devices was identified. On indoors firing ranges the sound isolation requirements must be met. Regarding lead exposure, the main protection systems consist of lead management practices, on outdoor firing ranges, and of well-designed ventilation systems, on indoor firing ranges. The major relevance of implementing health, hygiene, and safety plans was showed both for indoor and outdoor firing ranges. The results presented showed the urgent need to deepen the paragon enhancements already felt on the planning and construction of the 20th century firing ranges. This new paragon will be applicable both on new firing range sites and on the improvement of older ones.

PALAVRAS-CHAVE

Carreira de tiro

Segurança

Desenfiamento

Controlo de ruído

Chumbo

KEYWORDS

Firing range

Safety

Range layout

Noise Control

Lead

CONTEÚDO

AGRADECIMENTOS ..... **I**
RESUMO ..... **III**
ABSTRACT ..... **V**
PALAVRAS-CHAVE ..... **VII**
KEYWORDS ..... **VII**
CONTEÚDO ..... **IX**
LISTA DE FIGURAS ..... **XIII**
ABREVIATURAS ..... **XV**
NOMENCLATURAS ..... **XV**

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO **1**

CAPÍTULO 2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO **3**

2.1 RESENHA HISTÓRICA **3**
2.2 CONCEITOS **5**
2.2.1 DEFINIÇÃO DE CT 5
2.2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS CT 7
2.2.3 CONSTITUIÇÃO DA CT 8
2.2.3.1 ZONA DE SERVIÇOS E ZONA DE TIRO – INFRA-ESTRUTURAS 9
2.2.3.2 ZONA PERIGOSA 10

CAPÍTULO 3 ASPECTOS CRÍTICOS **13**

3.1 ASPECTOS DE SEGURANÇA BALÍSTICA **13**
3.1.1 TRAJECTÓRIAS E FEIXE DE DISPERSÃO 13
3.1.2 RICOCHETES 14
3.1.3 EFEITOS DE PENETRAÇÃO DOS PROJÉCTEIS 15
3.1.4 DESENFIAMENTO 15
3.2 RUÍDO **16**
3.2.1 FONTE DE RUÍDO 16
3.2.2 MEIO DE TRANSMISSÃO 19
3.2.3 ZONAS DE RECEPÇÃO 20
3.2.4 DISPOSIÇÕES REGULAMENTARES 21
3.2.5 PERDA DE AUDIÇÃO E EFEITOS FISIOLÓGICOS DO RUÍDO 23
3.2.6 IMPACTE AMBIENTAL 25
3.3 EXPOSIÇÃO AO CHUMBO **25**
3.3.1 FONTES DE CONTAMINAÇÃO 26
3.3.2 FORMAS DE ADMISSÃO AO ORGANISMO 27
3.3.3 DISPOSIÇÕES REGULAMENTARES 28

3.3.4 Efeitos Fisiológicos da Contaminação 29
3.3.5 Impacte Ambiental – Contaminação dos Recursos Naturais 30
3.3.5.1 Erosão 31
3.4 Equipamentos Gerais 32
3.4.1 Sistemas de Alvos 32
CAPÍTULO 4 CT EXTERIORES 35
4.1 Segurança 35
4.1.1 Dispositivos de Desenfiamento 35
4.1.1.1 Espaldão frontal e Câmara Pára-Balas 35
4.1.1.2 Diafragmas 38
4.1.1.3 Traveses – Diafragmas inferiores 40
4.1.1.4 Espaldões e Muros laterais 41
4.1.1.5 Outros dispositivos de desenfiamento 43
4.1.2 Plataforma de Tiro 44
4.1.2.1 Condicionamento Acústico 45
4.1.3 Leito da CT 46
4.1.4 Linha de alvos e Abrigo de marcadores 47
4.2 Ruído 49
4.2.1 Implantação 51
4.2.2 Barreiras Acústicas 51
4.2.3 Equipamentos de Protecção Individual Auditiva 53
4.3 Exposição ao Chumbo 54
4.3.1 Contaminação dos Recursos Naturais – Técnicas de Intervenção 55
4.3.1.1 Controlo e retenção de projécteis 55
4.3.1.2 Limitação da mobilidade do Chumbo 56
4.3.1.3 Expurgo e Reciclagem de Projécteis 58
4.4 Equipamentos Gerais 58
4.4.1 Sistemas de Alvos 58
4.5 Caso de Estudo – CT Exterior de 50 m 59
4.5.1 Descrição Sumária 59
4.5.1.1 Nota Histórica 59
4.5.1.2 Infra-estruturas 59
4.5.2 Análise Crítica 62
4.5.2.1 Análise 62
4.5.2.2 Propostas de Intervenção 63
CAPÍTULO 5 CT INTERIORES 67
5.1 Disposições Construtivas 67
5.2 Segurança: Dispositivos de Desenfiamento 68
5.2.1 Dispositivos pára-balas 68

5.2.2 DIAFRAGMAS 72
5.2.2.1 TECTO 73
5.2.2.2 PAREDES LATERAIS E LEITO DA CT 75
5.2.3 BORRACHA BALÍSTICA ANTI-RICOCHETE 75
5.3 RUÍDO 76
5.3.1 CONDICIONAMENTO ACÚSTICO 77
5.4 EXPOSIÇÃO AO CHUMBO 79
5.4.1 SISTEMA DE VENTILAÇÃO 79
5.4.1.1 SISTEMA DIRECTO VS SISTEMA FECHADO 81
5.4.1.2 SOLUÇÕES DE INSUFLAÇÃO 82
5.4.2 PLANOS DE SAÚDE, HIGIENE E SEGURANÇA 83
5.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS 85
5.5.1 SISTEMAS DE ALVOS 85
5.5.2 ILUMINAÇÃO 86
5.5.3 SEPARADORES DOS POSTOS DE TIRO 86
5.6 CONSIDERAÇÕES APLICÁVEIS A TODAS AS CT 87
5.7 CASO DE ESTUDO – CT INTERIOR 25 M 88
5.7.1 DESCRIÇÃO SUMÁRIA 88
5.7.1.1 NOTA HISTÓRICA 88
5.7.1.2 INFRA-ESTRUTURAS 88
5.7.2 ANÁLISE CRÍTICA 91
5.7.2.1 ANÁLISE 91
5.7.2.2 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO 93
CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES 95
REFERÊNCIAS 97
ANEXO A – TABELAS DE EFEITO DE PENETRAÇÃO DE PROJÉCTEIS I
ANEXO B – NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA E ESPECTROS DE FREQUÊNCIAS V

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1- Comprimentos de onda..... 18

Figura 4.1 - Câmara pára-balas e abrigo dos marcadores dos alvos..... 37

Figura 4.2 - Desenfiamento através de diafragmas pára-balas inclinados a 25° com e sem sobreposição no plano horizontal..... 39

Figura 4.3 - Secção de diafragma inferior mista 40

Figura 4.4 - Regra *no side gap*..... 42

Figura 4.5 - Pala da plataforma de tiro..... 44

Figura 4.6 - Influência do modelo da cobertura da plataforma de tiro quanto à reflexão das ondas sonoras 46

Figura 4.7 - Abrigo para marcadores dos alvos com paradorso..... 48

Figura 4.8 - Efeito de uma barreira acústica na propagação das ondas sonoras 52

Figura 4.9 - Fotografia da cobertura da plataforma de tiro, vista do interior..... 60

Figura 4.10 - Fotografia do *gap* existente entre a pala da plataforma de tiro e o primeiro diafragma, vista de um posto de tiro. 61

Figura 5.1 - Representação esquemática e fotografia do dispositivo de detenção, deflexão e recolha de projécteis do tipo veneziana..... 70

Figura 5.2 - Representação esquemática da instalação de lâminas de borracha pára-balas e fotografia de lâminas de borracha pára-balas instaladas em avançado estado de desgaste.... 71

Figura 5.3 - Representação esquemática da instalação de caixa vertical de granulado de borracha pára-balas e fotografia de um “espaldão” inclinado de granulado de borracha. 72

Figura 5.4 - Fotografia da zona de tiro de uma CT interior..... 74

Figura 5.5 - Fotografia da grelha de insuflação. 90

Figura 5.6 - Fotografia do sistema de projecção dos alvos e de iluminação, vista dos alvos para a plataforma de tiro, e fotografia do leito e diafragmas superiores, vista de um posto de tiro. .. 91

ABREVIATURAS

CT – Carreira de Tiro

IT – Infra-estrutura de Tiro

ZP – Zona Perigosa

NOMENCLATURAS

CAPS – Centro de Análise e Processamento de Sinais

EPA – Environmental Protection Agency.

EUA – Estados Unidos da América

DSHEFS – Division of Surveillance, Hazard Evaluations and Field Studies

MT-38-2 – Caracterização e Técnica das Infra-Estruturas de Tiro, Manual Técnico

NASR – National Association of Shooting Ranges

NEHC – Navy Environmental Health Center

NIOSH – National Institute for Occupational Safety and Health

NRA – National Rifle Association

NSSF – National Shooting Sports Foundation

RAD-38-1 – Regulamento Administrativo das Infra-Estruturas de Tiro

RGR – Regulamento Geral do Ruído.

RTFSCCT – Regulamento Técnico e de Funcionamento e Segurança das Carreiras e Campos de Tiro, 2007

ETL – Engineering Technical Letter

NEHC-TM – Navy Environmental Health Center Technical Manual

CFR – Code of Federal Regulation

MIL-HBDK – Military Handbook

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Após a publicação dos primeiros regulamentos contendo determinações sobre a instrução de tiro com armas portáteis pelo Exército Português, em finais do século XVIII, foi dado um grande e valioso impulso à construção de Carreiras de Tiro (CT), a maioria das quais veio a ser instalada em locais onde ainda hoje se encontram. A sua implantação cuidava particularmente a proximidade aos quartéis e a existência de uma zona de segurança à retaguarda do espaldão frontal e nos flancos da CT. Com o decorrer dos anos, as localidades existentes nas proximidades dos quartéis foram estendendo os seus limites urbanos, o que levou, em muitos casos ao envolvimento desses quartéis e respectivas CT. Este facto veio a originar prejuízo para a segurança das populações e, simultaneamente, pressão sobre os terrenos urbanizáveis, o que levou à extinção ou transferência de muitas dessas CT (Nogueira, 1999).

A expressão desta realidade é a extinção da CT de Pedrouços, Lisboa, em 1891 (Nogueira, 1999), a permuta dos terrenos das CT do Regimento de Artilharia nº 5, sito na Serra do Pilar, Vila Nova de Gaia, que permitiu a construção da ponte ferroviária de S. João, em 1984, e, mais tarde, a cedência dos terrenos onde se haviam construído as novas CT em 1990/91 para construção da via de acesso à Ponte do Infante D. Henrique, em 2003, e a muito actual transição dos terrenos da CT de Sete Fontes, em Braga, do Ministério da Defesa para o Ministério da Saúde, visando a construção do novo Hospital Distrital de Braga.

Outros fenómenos que vieram a ter reflexos nas CT foram o processo de profissionalização vivido no Exército, que culminou com o fim do Serviço Militar Obrigatório, em 2004, e a organização do actual dispositivo de forças. Estes vieram alterar substancialmente os encargos da instrução de tiro do Exército, deixando muitas das infra-estruturas existentes necessitadas de intervenções profundas, devido à manutenção pouco cuidada de que foram alvo nos últimos anos, tendo contribuído para tal, também, a alteração dos quadros orgânicos das unidades, onde as secções de tiro foram extintas, passando os assuntos do tiro a integrar órgãos com outras tarefas prioritárias e sem meios para responder às exigências de manutenção das Instalações de Tiro (IT).

A conjugação destes factos fez vir a debate a urgência em promover uma reorganização territorial das CT. Nesta se insere a necessidade de avaliar e reconhecer todos os fenómenos decorrentes da prática de tiro, à luz das exigências actuais. Esta necessidade é tão válida no que respeita ao melhoramento das infra-estruturas existentes, como na concepção de infra-estruturas de raiz e, não menos, no destino a ser dado aos terrenos onde outrora estiveram implantadas CT.

Hoje, a sustentabilidade económica dessas infra-estruturas deve ir além do tradicional conceito de segurança, alcançando incontornavelmente a consideração dos impactes ambientais provocados quer pelo ruído, quer pela contaminação dos recursos naturais por resíduos tóxicos associados à prática de tiro, nomeadamente o chumbo. No que respeita a segurança, não deve

revestir-se somente dos aspectos tradicionalmente associados à balística, mas igualmente aos que estão ligados à saúde e segurança no trabalho.

Imbuída deste alento, a presente dissertação promove o objectivo de reunir um conjunto de informações dispersas, constituindo-as num corpo de disposições descritivas destinado a dar uma directiva às acções de planeamento, concepção e projecto de carreiras de tiro.

Para o efeito, a metodologia que a sustenta traduziu-se no reconhecimento e exame cuidadoso dos diferentes aspectos de cada quesito e na introdução aos princípios, técnicas e dispositivos, cuja adopção resultará num aproveitamento mais completo e racional das infra-estruturas de tiro. A presente dissertação organiza-se em cinco capítulos, para além do presente, do modo que a seguir se descreve:

- **Capítulo 2 – Enquadramento Teórico:** Apresenta uma breve síntese histórica e são introduzidos os conceitos gerais sobre Carreiras de Tiro. Pretende-se clarificar os termos específicos sobre esse assunto, esclarecendo quais os elementos que constituem estas infra-estruturas.
- **Capítulo 3 – Aspectos Críticos:** Introduz as questões críticas da concepção de Carreiras de Tiro, descrevendo e caracterizando os aspectos que lhe dizem respeito, e apresentando o estado actual do conhecimento.
- **Capítulos 4 e 5 – Carreiras de Tiro Exteriores e Interiores:** Apresentam os princípios, técnicas e dispositivos, cuja adopção deve conduzir à optimização de Carreiras de Tiro Exteriores e Interiores. Ao longo dos dois capítulos, são sugeridos critérios relevantes para a avaliação comparativa. No final de ambos, é apresentado um breve estudo de caso, enfocando a aplicação das disposições que figuram nos respectivos capítulos.
- **Capítulo 6 – Conclusões:** Sistematiza as principais conclusões, apontando propostas de desenvolvimento de outros trabalhos para o futuro.

CAPÍTULO 2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 RESENHA HISTÓRICA

A história da guerra encerra milhares de anos, podendo ser contada desde as origens da Humanidade. Podem destacar-se os inúmeros fenómenos sociais, políticos, económicos e tecnológicos que esta desencadeou. Aliás, até praticamente ao final do século XIX, os principais desenvolvimentos tecnológicos feitos pelo Homem devem-se, na sua génese, à indústria da guerra. Como refere o Major General Fuller, "a necessidade de combater conduziu rapidamente os homens para invenções cuja finalidade particular era permitir-lhes vencer".

A descoberta da pólvora e o subsequente desenvolvimento das armas de fogo é um dos capítulos fundamentais da história do armamento e da guerra. "A origem das armas de fogo é obscura" (Canby, 1965). Crê-se que os chineses já possuíam pólvora no séc. XI, tendo sido introduzida no ocidente pelos árabes no séc. XIII. "O mais antigo documento a mencionar o canhão é um documento redigido em árabe; data de 1304" (Fuller, [1]). A partir do séc. XIV, a menção a armas de fogo na Europa ganha alguma consistência. Ainda segundo Fuller ([1]), "os progressos das armas de fogo foram rápidos." "Nos finais do século XV, todos os tipos de armas de fogo estavam inventados ou previstos, pelo menos sob forma rudimentar" (Canby, 1965).

"A partir do século XVI, [a pólvora] revolucionou não somente os métodos de combate, mas ainda os hábitos e em consequência a própria civilização. (...) É durante o século XVI que assistimos ao nascimento dos exércitos organizados, [e] ao desenvolvimento da corrida aos armamentos" (Fuller, [1]).

Embora seja com o surgimento da arma de fogo que a importância das CT vive o seu maior crescendo, crê-se que a sua utilização já seria corrente antes desse acontecimento. Segundo Nogueira (1999), «barreira» é a designação mais antiga dos locais utilizados para a aprendizagem e treino respeitante aos exercícios de pontaria e disparo com armas. Essa designação remonta aos séculos XIV e XV, e apesar do surgimento das armas de fogo, esta não se terá alterado até aos finais do século XVIII. Refere Lemos (1945) que "no segundo quartel do século XVIII, se utilizaram as barreiras para exercícios de alvo". Tal parece comprovar a anterior afirmação.

Embora não se possa fazer prova, existem referências à existência de mais do que uma «barreira» em Lisboa, nomeadamente para o tiro de artilharia, sendo que a última se localizaria na encosta da Nossa Senhora do Monte, "sendo provável que a rua ainda hoje denominada da Bombarda, seja reminiscência daquela primitiva escola de artilharia" (Nogueira, 1999). A actual Rua da Bombarda situa-se na freguesia dos Anjos.

[1] Data desconhecida

Na sua origem, o termo «barreira» poderia estar relacionado, segundo Nogueira (1999), "com o possível aproveitamento de uma encosta ou talude existente no terreno que pudesse servir como espaldão para a detenção das setas ou virotões." Conclui-se que a contenção dos disparos e a absorção dos seus impactos num determinado perímetro é, originalmente, a característica fundamental das infra-estruturas de treino do tiro. "Havia, pois, que acautelar a segurança desses locais", completa.

Carreira de tiro é uma designação que só surge no século XIX, e cuja referência decorre dos primeiros elementos legislativos portugueses sobre instrução de tiro e infra-estruturas correspondentes. Apresenta-se uma breve síntese da evolução histórica destes:

- 1863 – «Regulamento para execução da instrução de tiro», primeiro diploma regulamentar sobre tiro e infra-estruturas de tiro.
- 1881 – «Regulamento de Tiro para as Armas Portáteis»
- 1890 - «Regulamento para os exercícios de tiro de indivíduos da classe civil nas Carreiras Militares», diploma elaborado pela Secretaria de Estado da Guerra promovendo o tiro pela população civil.
- 1892/1894 – «Regulamento de Tiro para as Armas Portáteis»
- 1898 – «Estatutos da União dos Atiradores Portugueses»
- 1902 – «Regulamento de Tiro Nacional», dando continuidade ao diploma de 1890.
- 1902/1903 – «Regulamento de Tiro de Infantaria»
- 1907 – «Construção das Carreiras para o Tiro Civil», com vista à difusão da instrução militar preparatória.
- 1908/1909 – «Instruções para os exercícios de tiro elementar»
- 1909 – «Instruções provisórias para o tiro civil»
- 1913 – «Regulamento para Instrução de Tiro com Armas Portáteis»
- 1916 – Remodelação do «Regulamento de Tiro Nacional»
- 1916 – Criação da Federação Portuguesa de Tiro
- 1945 – Publicação da obra «Classificação e Construção de Carreiras de Tiro», pelo Major de Infantaria e Engenheiro do IST Manuel de Sande Lemos, obra de referência para o tema.
- 1964 – Publicação do manual «Elementos para Classificação e Construção das Carreiras de Tiro», pela Direcção da Arma de Infantaria (DAI)
- 1971 – «Normas para Elaboração de Projectos de Carreiras de Tiro», organizadas pela DSFOE – Direcção de Serviços, Fortificações e Obras do Exército – em colaboração com DAI.
- 1988 – Aprovação do «Regulamento Administrativo (RAD-38-1) Infra-Estruturas de Tiro»

- 1989 – Aprovação do «Manual Técnico (MT-38-2) Caracterização e Técnica das Infra-Estruturas de Tiro»
- 2005 – Aprovação do "Regime Jurídico das Armas e suas Munições" (Lei n.º 05/2006, de 23 de Fevereiro)
- 2007 – Aprovação do "Regulamento Técnico e de Funcionamento e Segurança das Carreiras e Campos de Tiro" (RTFSCCT)

2.2 CONCEITOS

2.2.1 DEFINIÇÃO DE CT

No Exército português – doravante apenas referido como Exército – os normativos que regem as IT são o regulamento administrativo RAD-38-1, juntamente com o manual técnico MT-38-2. Em termos de civis, aqueles regulamentos não são aplicáveis, vigorando o RTFSCCT. Segundo o RAD-38-1, as IT destinadas à execução da instrução de tiro militar, são agrupadas de acordo com a sua finalidade para o adestramento militar, e dividem-se em:

- Carreiras de tiro;
- Pistas de tiro de combate;
- Campos de tiro;
- Teatros de treino de tiro;
- Salas didácticas para a instrução preliminar de tiro;
- Salas didácticas para simuladores de míssil.

Segundo o mesmo regulamento, são CTs "construções permanentes destinadas à execução do tiro sobre alvos terrestres ou aéreos, com armas portáteis de tiro tenso e cano estriado (espingarda, metralhadora, pistola e pistola-metralhadora), utilizando projécteis inertes, de calibres normais (até 12,7 mm, exclusive) ou reduzidos", nomeadamente:

- "Espingardas automática e de repetição;
- Metralhadoras com bipé e tripé;
- Pistola e pistola-metralhadora;

em todas ou algumas das seguintes modalidades de tiro:

- Tiro de precisão;
- Tiro de pontaria instintiva;
- Algumas modalidades de tiro de combate."

O RAD-38-1 define ainda que "as condições de utilização das CT, quanto ao tipo de armamento, às modalidades de tiro e à distância máxima de tiro, dependem das características arquitectónicas de construção de cada CT."

O RTFSCCT[2] é menos incisivo na definição das IT, dirigindo o enfoque para outro aspecto de relevo, o tipo de munição. Distingue para tal dois tipos de IT:

- Campos de tiro;
- Carreiras de tiro.

De acordo com este regulamento, CT deve considerar-se como "a instalação, interior ou exterior, funcional e exclusivamente destinada à prática de tiro com arma de fogo carregada com projéctil único." Esta definição é consonante com a presente no RAD-38-1, uma vez que o tipo de armas listadas são de projéctil único. É de destacar a classificação em instalação interior e instalação exterior.

Por oposição, campo de tiro deve considerar-se como "a instalação exterior, funcional e exclusivamente destinada à prática de tiro com arma de fogo carregada com munição de projécteis múltiplos", de acordo com o RTFSCCT, por exemplo, armas de caça. Por sua vez, esta definição é discordante da presente no RAD-38-1, uma vez que este entende por campo de tiro "extensão de terreno (...) onde se pode executar tiro com armas de tiro tenso ou curvo, ou mísseis balísticos ou guiados, (...) em condições próximas do combate." Para efeito da presente dissertação, o conceito de campo de tiro deverá ser concordante com a definição do RTFSCCT, embora não se pretenda abordar especificamente as exigências funcionais e restrições impostas a estes, ainda que muitas das considerações feitas para as CT lhes sejam aplicáveis.

Será ainda de interesse referir que a generalidade dos documentos dos EUA definem dois tipos de IT, que concordam com o RTFSCCT:

- *Shotgun Firing Range* – armas de munição com projécteis múltiplos;
- *Rifle/Pistol Firing Range* – armas de projéctil único.

A relevância desta anotação justifica-se apenas face ao facto de os EUA serem um dos países com maiores referências nesta área, o que se deve, em parte, ao grande desenvolvimento da indústria do armamento junto da sociedade civil.

[2] Faça-se notar que o RTFSCCT, não se aplica às IT pertencentes às Forças Armadas e forças e serviços de segurança. Porém, considerou-se de interesse para o trabalho desenvolvido sobrepor este regulamento com os demais, que regem as IT que se constituem como excepção.

2.2.2 CLASSIFICAÇÃO DAS CT

De acordo com o RAD-38-1, as CT podem ser classificadas sob diversos aspectos. Para que melhor se compreenda o desenvolvimento da presente dissertação, e como se poderá demonstrar adiante, destaca-se a que se refere ao tipo de construção para prover à segurança externa. Será essa que nos servirá de fio condutor. Estrutura-se, em consonância com o RAD-38-1, da seguinte forma:

- **CT Abertas** – "quando são a céu aberto, sem coberturas destinadas a impedir a saída dos projécteis." Dispõem apenas de um espaldão frontal simples para intercepção e retenção dos projécteis disparados.
- **CT Fechadas** – "dispõem de muros ou espaldões em redor do leito." Desenvolvem-se a céu aberto, sem cobertura superior destinada a impedir a saída de projécteis e distinguem-se das CT abertas pelos espaldões ou muros laterais de intercepção e retenção de projécteis. Este tipo é o mais comum no Exército Português.
- **CT Cobertas** – "dispõem de paredes laterais e de uma cobertura, com espessura suficiente para impedir a saída dos projécteis." Não se desenvolvem a céu aberto.

Podem considerar-se ainda, pelo RAD-38-1, outras duas classificações, no que respeita ao tipo de construção, a CT Tubular e a CT Mista. A primeira define-se "quando, a cada linha de tiro corresponde um corredor fechado nos lados e por cima", enquanto a segunda prevê "parte do leito a céu aberto e outra parte coberta".

Como se fez destacar da definição de CT do RTFSCCT, este classifica-as em: **CT Interior** e **CT Exterior**, "consoante possuam ou não tectos e paredes estruturalmente integrais e fixos." Apesar da pouca especificidade da classificação patente no RTFSCCT, a sobreposição das duas poderá ser traduzida no seguinte:

- **CT Exteriores** – CT Aberta e Fechada;
- **CT Interiores** – CT Coberta.

Esta classificação será a utilizada doravante na presente dissertação, uma vez que a abordagem às questões referentes às CT abertas e fechadas é essencialmente comum.

Nos documentos de referência das Forças Armadas dos EUA, nomeadamente os do Departamento da Força Aérea, a classificação das CT face aos aspectos da construção e da segurança externa, dividem-se em CT *non-contained, partially contained, fully contained* (ETL 06-11), traduzindo uma classificação respeitante à contenção de projécteis. As primeiras não encontram par na classificação presente no RAD-38-1 e RTFSCCT, e não dizem respeito a infra-estruturas propriamente ditas, uma vez que não consideram a existência de qualquer dispositivo de contenção. Dessa forma, não se considera relevante estudar este tipo de CT. As segundas devem fazer-se corresponder com as CT exteriores, embora a sua definição esteja particularizada às CT cujos tiros directos (ver 3.1.1) são totalmente contidos. As terceiras,

devem fazer-se corresponder com as CT Interiores, e caracterizam-se pela contenção total de tiros directos e de ricochetes (ver 3.1.2).

Ainda de acordo com o RAD-38-1 e o MT-38-2, podem as CT classificar-se conforme a/o:

- Distância de tiro – 25, 50, 100, 200 ou 300 metros;
- Desenfiamento vertical – livres, desenfiadas ou intermédias/mistas;
- Localização das origens de tiro – móvel, fixa ou mista;[3]
- Tipo de armamento ou modalidade de tiro – pistola, metralhadora, ou outro, ou pontaria instintiva, tiro de combate, por exemplo.

2.2.3 CONSTITUIÇÃO DA CT

A CT constitui-se fisicamente por três zonas distintas, as duas primeiras referentes a infra-estruturas necessárias para a prática do tiro e a terceira constituída por um espaço tridimensional envolvente. Conforme o RAD-38-1, designam-se:

- **Zona de Serviços** – "é a zona adjacente à CT propriamente dita e que inclui, total ou parcialmente, (a) edifícios para instalação de secretaria e gabinetes, alojamento do pessoal pertencente ao quadro orgânico ou, por vezes, do pessoal das unidades utilizadoras da CT, arrecadações de material e oficina de alvos e sanitários; (b) local ou parque de estacionamento de viaturas; (c) estradas ou caminhos de acesso à área da CT." É uma zona de apoio à actividade de tiro, garante do funcionamento organizado da CT, integrado com as restantes actividades inerentes ao tiro, como manutenção geral do armamento, manutenção geral das instalações, entre outras;
- **Zona de Tiro** – "é a zona correspondente à CT propriamente dita, onde se executa o tiro e inclui os seguintes elementos comuns a todos os tipos de CT: leito da CT; (…) plataformas de tiro; (…) linhas de alvos; dispositivos de desenfiamento; equipamentos diversos; sistemas de iluminação e de abastecimento de água". É a zona onde se efectua o tiro, propriamente dito, da qual fazem parte, também, os dispositivos que lhe garantem a segurança e protecção;
- **Zona Perigosa** – é a uma zona tridimensional na circunvizinhança da CT, definida em função das suas características, onde se prevê a possibilidade de ocorrer um impacto de um projéctil, ou de fragmentos provenientes de munições, disparados na CT, pressupondo determinadas condições de fogo.

[3] A classificação segundo a origem de tiro normalmente traduz-se na localização dos atiradores relativamente aos alvos, surgindo normalmente dois tipos: origem de tiro fixa e linha de alvos móvel e origem de tiro móvel e linha de alvos fixa. Este ganha algum relevo no que respeita a concepção do desenfiamento, sendo normalmente utilizado o primeiro tipo nas CT Fechadas (Nogueira, 1999).

O RTFSCCT define igualmente estas três zonas distintas, embora as designe de forma diferente. A sobreposição deste regulamento com o RAD-38-1 compreende que a «zona de serviços» seja designada por «área de apoio», a «zona de tiro» por «área de tiro» e a «zona perigosa» por «zona de segurança». Faça-se destacar, ainda, a definição de «área de segurança» presente no RTFSCCT: trata-se da "área fechada e resguardada, localizada contiguamente à linha de retaguarda das CT, destinada à verificação e manuseamento de armas de fogo". Não deve ser confundida com a «zona de segurança» ou «zona perigosa». Ainda, por linha de retaguarda deve entender-se "área longitudinal existente imediatamente atrás dos postos de tiro, destinada ao recuo dos atiradores finda a sessão de tiro, bem como à presença de formadores e assistentes". A linha de retaguarda corresponderá à plataforma de tiro, como se irá fazer notar adiante.

2.2.3.1 ZONA DE SERVIÇOS E ZONA DE TIRO – INFRA-ESTRUTURAS

A expressão da zona de serviços será maior ou menor, conforme as necessidades funcionais exigidas, podendo constituir-se pela mais simples arrecadação ou oficina, ou por uma infra-estrutura completa, onde se poderá considerar incluir, além das supracitadas, as seguintes instalações: oficinas de manutenção e limpeza de armas, salas de instrução de tiro, instalações de ar condicionado e ventilação, instalações eléctricas, acessos, parques de estacionamento, ou quaisquer outras cuja existência se verifique necessária.

A zona de tiro é o espaço central da infra-estrutura, em função do qual a zona de serviços deve ser desenvolvida. Dos elementos cuja presença é comum a todas as CT, fazem-se sobressair os seguintes: leito da CT, plataformas ou estações de tiro, linhas de alvos e respectivos sistemas de alvos.

Em conformidade com o RAD-38-1, leito da CT é a "faixa de terreno entre a plataforma de tiro mais recuada e o espaldão final, onde se estabelecem as linhas de tiro, cada uma das quais definida pelo local da plataforma onde se coloca o atirador, pelo alvo respectivo e pelo espaldão final. Quando um atirador dispara para um [ou mais] alvos, dispostos lateralmente, ter-se-á de ter, então, em consideração, um sector de tiro, em vez de linha de tiro."

Para compreender completamente esta definição, deve definir-se: plataforma de tiro, linhas/sectores de tiro e linha de alvos. De forma intuitiva, plataforma de tiro é a "faixa disposta transversalmente ao eixo da CT, onde se instala uma linha de atiradores para fazer fogo sobre os alvos", e linha de alvos é a "faixa da CT onde se instalam, contiguamente ou de forma dispersa, os alvos". Linha de tiro é uma linha imaginária definida pelo local da plataforma onde se coloca o atirador e pelo respectivo alvo. Em caso de múltiplos alvos, define-se como sector de tiro.

Os dispositivos de desenfiamento são parte integrante da zona de tiro. Destinam-se a "interceptar, reter e absorver os projécteis nas suas trajectórias directas (…), e os ricochetes formados no solo, ou noutras superfícies de modo a evitar-se a sua saída para o exterior [da zona de tiro]". Podem ainda dispor-se de elementos que pretendam "limitar a amplitude do feixe de trajectórias dirigidas sobre os alvos", pela limitação dos sectores de tiro, horizontalmente e verticalmente, designados de limitadores de pontaria.

A zona de tiro deve ser provida de adequados sistemas de iluminação, nomeadamente orientados para a iluminação das plataformas de tiro e linhas de alvos (ver 5.5.2), e poderá ou não ser considerada a disposição de um local para assistência de público ou de um júri, com especial interesse para o desenvolvimento de campeonatos de tiro desportivo.

2.2.3.2 ZONA PERIGOSA

Componente passiva da CT, constitui-se como elemento de segurança, segundo classifica Lemos (1945) ao referir que "para segurança das populações, tropas e bens de qualquer natureza, deverão existir servidões militares nas circunvizinhanças das CT (…), designadas por zonas perigosas".

A Zona Perigosa (ZP) de uma CT constitui-se por uma Zona Perigosa de Superfície (ZPS) e uma Zona Perigosa Vertical (ZPV). De acordo com o RAD-38-1, as suas definições constam do seguinte:

- **Zona Perigosa (ZP)** – "é o espaço tridimensional estabelecido a partir de toda a largura da plataforma de tiro mais recuada, (…) acrescida, se necessário, de uma determinada extensão para ambos os flancos". Considera-se que esse espaço "pode ser atingido pelos projécteis ou fragmentos provenientes das armas" localizadas na CT. A definição da ZP pressupõe "determinadas condições de fogo, excluindo grosseiros erros humanos ou imperfeições do sistema da arma/munição altamente improváveis." No interior da ZP "não deverão permanecer, por razões de segurança, pessoal, equipamento, navios e aeronaves não autorizados."
- **Zona Perigosa de Superfície (ZPS)** – consiste da "projecção sobre a superfície do terreno ou aquática de todo o espaço tridimensional" da ZP. Divide-se em duas áreas: área de dispersão e área de ricochetes. A primeira define "a área dentro da qual estão contidos todos os impactos directos. A segunda define "a área, fora da área de dispersão, que pode ser atingida pelos projécteis, após estes terem ricocheteado. Prevê, ainda, "em sobreposição ou justaposição com a ZPS", que se estabeleça uma área de protecção auditiva: "faixa de terreno onde o pessoal é obrigado a usar protectores ou tampões de ouvidos, durante os períodos em que se produzem os ruídos provocados pelo disparo das armas de fogo."

- **Zona Perigosa Vertical (ZPV)** – consiste do "espaço aéreo cujo contorno vertical é o limite da ZPS e cuja altitude vai desde o nível do solo até à altura de segurança característica de cada arma e munição."

A configuração das ZPS é definida por diversos factores, que se podem agrupar da seguinte forma: os da ordem do funcionamento da IT, os da ordem da concepção da IT e os da ordem do terreno confinante e envolvente.

No que respeita ao funcionamento, é fundamental definir as características do armamento a utilizar, bem como as suas propriedades balísticas, nomeadamente o seu alcance. As condições de execução de tiro devem ser também aqui consideradas e serão abordadas em detalhe adiante.

A concepção da IT será condicionante para a definição da ZPS, como demonstrado pela sua classificação. Porém, esta dependência é recíproca, pois a ZPS possível deve ser base decisória para concepção de CT Exteriores ou CT Interiores.

Quanto às condicionantes exteriores, define o RAD-38-1 e o RTFSCCT que dentro das ZPS não devem encontrar-se quaisquer tipos de construção, estradas e caminhos que possam ser frequentados por pessoas, animais ou veículos, linhas-férreas, linhas de alta tensão, linhas telefónicas, ou outros bens que possam ser danificados. Segundo o RAD-38-1 "o trânsito de pessoas nestas áreas deve ser condicionado e controlado" e "sempre que possível, as extensões de terreno correspondentes às ZPS, (…) deverão ser propriedade [da entidade que explora a IT]. Sempre que tal condição não se verifique, "a queda de projécteis deve ser precedida da obtenção de autorização escrita de quem seja legítimo possuidor dos terrenos", determina o RTFSCCT.

O RAD-38-1 estabelece ainda, "em volta dos lugares habitados, uma zona complementar de segurança, limitada por uma curva afastada de 500 metros do contorno esquemático daqueles lugares, (…) [sobre a qual] a zona perigosa não se deve, em princípio, [sobrepor]".

2.2.3.2.1 CONDIÇÕES DE EXECUÇÃO DE TIRO

Na determinação e aplicação das ZP às CT, pressupõe-se que se exerce um elevado padrão de controlo e disciplina de fogo, sem os quais a ZP corresponde à Zona de Energia Total (ZET) – "espaço tridimensional em volta de uma posição de tiro que pode ser atingido pelos projécteis (…) de uma dada arma quando disparada em qualquer direcção."

O padrão de controlo e disciplina de fogo – pressuposto das definições de ZP, ZPS e ZPV – compreende, pelo RAD-38-1, que "todas as disposições respeitantes ao armamento constantes dos respectivos manuais de instrução são estritamente cumpridas, admitindo-se, portanto, que o pessoal que vai executar o tiro, qualquer que seja a fase de instrução em que se encontre,

conhece o funcionamento do material e as suas normas de utilização e segurança, inclusive como reagir perante as diversas situações que se lhe possam deparar".

Exige ainda que "a execução do tiro [seja] dirigida apenas por pessoal devidamente autorizado e de acordo com os regulamentos em vigor" e que "todo o tiro [seja] observado, não só quando a técnica de tiro o determine, mas também para verificar constantemente os seus efeitos e detectar, de imediato, qualquer anomalia, seja qual for a causa que a determine."

CAPÍTULO 3 ASPECTOS CRÍTICOS

"A segurança de uma IT abrange o conjunto de medidas destinadas a permitir a execução de tiro com os sistemas de armamento autorizados, a partir de plataformas de tiro ou de posições das armas devidamente estabelecidas, sem perigo para o pessoal e animais, nem danos em instalações e bens de qualquer natureza, quer no interior, quer no exterior dos limites dessa IT." Desta forma, o RAD-38-1 compreende duas componentes de segurança: interior e exterior.

Orientado para a situação patente no Exército Português à data da sua aprovação, 1989, o presente regulamento foca-se fundamentalmente nos aspectos balísticos da penetração de projécteis e ricochetes, e também, embora em menor extensão, nos aspectos acústicos da propagação do ruído. Porém, hoje, a dimensão completa da segurança numa infra-estrutura deste cariz extravasa estes aspectos. Segundo o ETL 06-11, documento de referência sobre concepção de CT da força aérea dos EUA, além das questões balísticas, devem ser particularmente estudadas as questões de controlo de ruído e dos perigos resultantes da utilização de munições com chumbo. Também o mais recente RTSFCCT, de 2007, prevê que se assegure o tratamento dos "metais provenientes dos disparos" e se capacite as infra-estruturas de condicionamento acústico. Estes aspectos acabam por estar abrangidos indirectamente pelo RAD-38-1, que define medidas de segurança como aquelas que se destinam "a eliminar todos os riscos para pessoas e bens resultantes das actividades de tiro."

3.1 ASPECTOS DE SEGURANÇA BALÍSTICA

3.1.1 TRAJECTÓRIAS E FEIXE DE DISPERSÃO

Sob o aspecto da segurança, o RAD-38-1 define que as trajectórias provenientes do accionamento dos sistemas de armas correspondem ou resultam de duas condições distintas: os tiros directos e a formação de ricochetes. Os tiros directos "são aqueles em que o projéctil segue a sua trajectória normal, desde a boca da arma, até ao ponto de chegada sem sofrer qualquer ressalto." Ricochetes "são ressaltos que os projécteis sofrem no solo ou noutras superfícies em que embatam, com desvio da sua trajectória inicial." As novas trajectórias designam-se por trajectórias de ricochete.

Os tiros directos compreendem: tiros normais, tiros errados e tiros fortuitos. Os primeiros – tiros normais e tiros errados – "são aqueles em que o projéctil incide no alvo ou nas suas imediações, sofrendo desvios relativamente pequenos, que podem ser imputados às armas e munições ou, sobretudo, a erros cometidos pelos atiradores", embora sendo conhecedores das técnicas de tiro. Os últimos – tiros fortuitos ou selvagens – "são os disparados de forma imprevista e inopinada com qualquer direcção e elevação e que resultam normalmente do não cumprimento da disciplina de fogo na CT". As trajectórias de tiros normais e tiros errados

devem ser compreendidas segundo o conceito de feixe de dispersão de trajectórias (RAD-38-1).

Sobre o feixe de trajectórias, o referido regulamento afirma que "quando um atirador dispare uma série de tiros nas mesmas condições de pontaria sobre um mesmo alvo, verifica-se que as trajectórias obtidas se dispersam em redor da que se poderá chamar trajectória média dirigida ao ponto médio do respectivo agrupamento." O conjunto das trajectórias formadas nessas condições constitui o feixe de dispersão de trajectórias.

As suas dimensões dependem de: arma utilizada (recuo, vibração, aquecimento e uso do cano, formação de ferrugem, deficiências do aparelho de pontaria, entre outras), munições (tolerâncias de fabrico quanto a dimensões e carregamento, variações da natureza da pólvora como o seu estado higrométrico e temperatura), condições atmosféricas, e erros na técnica de tiro e modalidade praticada (MT-38-2).

Para efeito de quantificação, podem desprezar-se as características das munições, considerar condições atmosféricas favoráveis à pratica de tiro, e que são cumpridos os padrões de controlo e disciplina de fogo. Assim, a dimensão do feixe de trajectórias dependerá apenas do tipo de arma e da modalidade de tiro. Para a presente dissertação, consideram-se as dimensões do feixe de dispersão da espingarda automática G3, por ser a arma com maior alcance utilizada nas CT do Exército. Para outros tipos de armas, as dimensões do feixe de dispersão a adoptar deverá ser obtido através de ensaios experimentais.

Segundo o MT-38-2 admitem-se os seguintes desvios:

- Tiro de precisão: até 8° em elevação, até 5° em direcção (horizontalmente);
- Tiro instintivo: até 14° em elevação, até 9° em direcção (horizontalmente).

A consideração destas duas modalidades de tiro é justificada pelo reflexo directo nas trajectórias que do tiro resultam, quando se alteram as condições de execução. Segundo o RAD-38-1, "a formação de ricochetes é mais provável durante a execução de tiro instintivo, do que quando se pratica tiro de precisão, uma vez que, naquela modalidade de tiro, as pontarias são feitas em movimentos rápidos, sem utilização do aparelho de pontaria e os disparos são executados em série e com muita rapidez."

3.1.2 RICOCHETES

"Quando um projéctil, animado de energia restante suficiente, embata em qualquer meio resistente e não penetre nele, nem se desintegre, poderá descrever no ar uma ou mais trajectórias secundárias a que se dá o nome de trajectórias de ricochete."

Uma das características mais evidentes das trajectórias de ricochete é o seu carácter aleatório. Deve-se esse facto, à grande variabilidade dos factores que influenciam a definição da nova trajectória: ângulo de incidência, características de resistência e deformabilidade dos materiais das superfícies de incidência. São ainda elementos que potenciam a formação de ricochetes influenciando também a definição da sua trajectória, a tensão da trajectória inicial/directa, a velocidade do projéctil, a sua forma e composição.

O ricochete é tanto mais provável quanto o ângulo de incidência do projéctil se aproxime dos 0°. Quando este se aproxima dos 90° a probabilidade de penetração do projéctil aumenta, embora dependendo das características das superfícies de incidência. Segundo o MT-38-2 o ângulo máximo de ricochete, em campo aberto, é de 45° ou 30°, quer em elevação, quer em direcção, conforme a superfície de incidência seja considerada dura (chapa metálica, muro de betão ou massas rochosas) ou não dura (massas de terra não rochosa ou arvoredo).

Admitindo as considerações construtivas que reduzem a formação de ricochetes adoptadas, o MT-38-2 admite que o máximo ângulo de ricochete que se poderá formar em CT estará entre os 20° e 30°.

3.1.3 EFEITOS DE PENETRAÇÃO DOS PROJÉCTEIS

Os efeitos de penetração de projécteis para diferentes tipos de munições encontram-se resumidos, para diferentes tipos de munições, nas tabelas do Anexo A – Tabelas de Efeitos de Penetração de Projécteis.

3.1.4 DESENFIAMENTO

Designa-se por desenfiamento de uma IT o conjunto de disposições destinadas a deter os projécteis e absorver a sua energia cinética. Dispositivos de desenfiamento, como referido em 2.2.3.1 “são os elementos arquitectónicos cuja função é interceptar os projécteis (detendo-os e absorvendo-os), nas suas trajectórias directas ou depois de ricochetearem”. De acordo com o RAD-38-1, são considerados as seguintes componentes:

- **Desenfiamento Vertical** – visa deter e absorver os projécteis cujas trajectórias estejam contidas em planos verticais, que passem pela boca da arma e pelo seu ponto de chegada. Divide-se em desenfiamento vertical superior e inferior. O primeiro destina-se a “deter e absorver o maior número de projécteis directos.” O segundo, a “evitar a formação de ricochetes no leito ou noutras superfícies abaixo da linha de mira.”
- **Desenfiamento Lateral** – visa deter os projécteis cuja trajectória se desvie para os flancos.

3.2 RUÍDO

Som é uma perturbação física, perceptível pelo ouvido humano, que se propaga através de um meio elástico. No ar, esta perturbação é causada por variações de pressão acima e abaixo do valor estático de pressão atmosférica. Esta oscilação de pressões traduz-se num fenómeno periódico que se designa por onda sonora, e é caracterizado por um espectro de frequências. O ruído é som indesejado ou som de natureza aleatória, cujo espectro não apresenta quaisquer frequências distintas. É normalmente composto por sons de várias origens, próximas e distantes, provenientes de diferentes direcções.

A exposição ao ruído é o efeito integrado, sobre um determinado período de tempo, de diferentes níveis sonoros com várias origens e durações. Esta integração inclui ainda a ponderação específica de níveis sonoros que ocorram em períodos cujo efeito sonoro no ambiente seja mais ou menos significativo, como por exemplo, durante os períodos de repouso.

Controlo do ruído é a tecnologia da obtenção de níveis de ruído aceitáveis. A sua aceitabilidade exige a formulação de duas questões: Aceitável sob que condições, e aceitável para quem? As respostas às mesmas dependem das considerações económicas e operacionais envolvidas em cada caso.

A transmissão de ruído é um sistema composto por três elementos: origem ou fonte, meio de transmissão e receptor. O estudo de um problema de ruído deve partir da caracterização da origem ou fonte de ruído, do meio de transmissão, e da definição do critério de aceitabilidade permitido ou desejado no receptor. Estes três elementos não são independentes (Beranek, 1971), encerrando em si um aspecto estatístico que não pode ser desprezado, pois as variáveis das quais dependem são inúmeras, como a variação no tempo, as condições atmosféricas e geométricas, entre outras (Harris, 1979).

Além do fenómeno físico, o som apresenta uma forte componente sensorial, cuja percepção se remete a cada indivíduo separadamente, podendo esta ser designada por incomodidade. Esta componente tem um carácter subjectivo elevado não estando necessariamente relacionado com índices físicos, mas com os graus de aceitação ou rejeição da fonte de ruído, como demonstram estudos citados pela CTCT e pela NRA (2004).

3.2.1 FONTE DE RUÍDO

O ruído provocado pelo disparo de uma arma de fogo apresenta três componentes: detonação, chicotada e silvo. A detonação é a componente de maior intensidade sonora. Deve-se à explosão que ocorre dentro do cano da arma [Centro de Análise e Processamento de Sinais da Universidade Técnica de Lisboa (CAPS), 1985]. A chicotada e o silvo ocorrem durante o

deslocamento do projéctil ao longo da sua trajectória, e devem-se essencialmente à velocidade de deslocamento do projéctil. São apenas perceptíveis por quem estiver próximo do plano de tiro e afastado da arma. Embora o som da chicotada e silvo seja particularmente violento, produzindo uma impressão muito viva e depressiva (Ramos, 1970), para o efeito de condicionamento acústico da CT será desprezado em detrimento da detonação. Embora não tenham sido encontrados estudos sonoros que o comprovem, a inexistência de referências à chicotada e silvo nas publicações sobre CT, leva a crer que a sua componente acústica é desprezável face à da detonação.

A detonação é a expansão e reinflamação brusca dos gases – a que se pode chamar explosão – que seguem um projéctil, quando este sai pelo cano da arma. Esta explosão provoca uma grande deslocação da massa de ar circundante, comprimindo as camadas adjacentes. A compressão é transmitida ao exterior da arma sobretudo a partir da boca do cano da arma. São as subsequentes compressões e descompressões das sucessivas camadas de ar que formam uma onda sonora esférica.

No que respeita às CT, uma descrição completa dos níveis sonoros provocados pelos disparos de armas de fogo exige a medição e interpretação dos seus espectros de frequências, níveis de pressão sonora e a variação de ambos com o tempo. (NRA, 2004).

O ruído provocado pela detonação é do tipo impulsivo[4] de elevada intensidade, curta duração, da ordem das dezenas de milissegundos, e amplo conteúdo espectral (CAPS, 1985). De acordo com o mesmo estudo e com o ETL 06-11, os níveis sonoros produzidos a curta distância (da ordem dos 20 cm) da boca da arma são muito elevados, podendo atingir os 160 dB.

A composição espectral das detonações varia de arma para arma, e também de disparo para disparo. Para a mesma arma e munição, pode variar 3 a 4 dB, variando também o tempo de duração do pico sonoro, devido às propriedades físico-químicas das munições. A composição do ruído na CT pressupõe ainda a existência de múltiplas linhas de tiro, ou seja, múltiplos atiradores, cujos disparos muito dificilmente são simultâneos. A sobreposição da energia sonora devida a este factor, para o ruído de tipo impulsivo, cuja duração é da ordem dos milissegundos, resulta invariavelmente numa sequência de impulsos, cujo efeito aumenta o pico sonoro máximo inicial em cerca de 4 a 5 dB, nas componentes de média e alta frequência.[5]

Através da análise dos espectros de banda de oitava do estudo do CAPS (1985), pode-se dizer que a detonação apresenta uma distribuição espectral ampla, com energia desde as baixas

[4] Segundo o RGR, ruído impulsivo é constituído por um ou mais impulsos de energia sonora, tendo cada um uma duração inferior a 1 segundo e separados por mais de 0,2 segundos, considerando-se que se verifica esta condição quando a diferença entre o pico de nível de pressão sonora, e o nível sonoro contínuo equivalente, ponderado A, medidos num intervalo de tempo representativo de duração superior a 5 minutos, é igual ou superior a 20 dB.

[5] Convém recordar que é geralmente aceite que o ouvido humano apenas detecta um aumento do nível sonoro de 3 dB, o qual corresponde à duplicação da intensidade da fonte sonora.

frequências, cerca dos 20 Hz, até às mais altas, próximas dos 20000 Hz. No que respeita às médias e altas frequências, desde os 200 Hz até aos 20000 Hz, verifica-se um decaimento regular, suave a curta distância (2 m) e mais acentuado a média distância (50 m). Este fenómeno justifica-se pela atenuação da onda sonora devida à divergência geométrica e à absorção pelos elementos envolventes (ver 3.2.2). A divergência geométrica, juntamente com o efeito mais pronunciado dos elementos absorventes nas médias distâncias, justifica o decaimento mais acentuado nestas, enquanto que os fenómenos de reflexão existentes nos elementos mais próximos da zona de disparo podem justificar o menor decaimento nas curtas distâncias.

Na zona das baixas frequências, entre os 20 Hz e os 200 Hz, observa-se uma predominância de energia em frequências abaixo dos 50 Hz, estendendo-se até aos 10 Hz. Segundo o CAPS (1985), esta energia provém da deslocação da massa de ar resultante da explosão, podendo caracterizar-se como um efeito local traduzido pela formação e posterior destruição da onda de choque, observável a curtas distâncias apenas.

Porém, a análise dos espectros de frequências por banda de oitava do CAPS (1985), traduz-se numa atenuação mais elevada das curtas para as médias distâncias das frequências abaixo dos 200 Hz, do que das médias e altas frequências. Seria de esperar o inverso, uma vez que, as baixas frequências se caracterizam por uma menor atenuação pelos elementos construtivos, pelo reduzido mascaramento por frequências mais elevadas e pela capacidade de percorrer longas distâncias com pequenas perdas de energia devidas à atenuação atmosférica ou do solo (Sousa, 2002). Além disso, a absorção sonora conferida pelos elementos convencionais é mais pronunciada nas elevadas frequências. Não existindo motivo aparente que justifique este facto, o estudo das baixas frequências carece de aprofundamento, embora não seja desprezável a sua contribuição para a análise do espectro de ruído da detonação, especialmente tratando-se de níveis de pressão sonora superiores a 100 dB, aos quais as frequências inferiores a 20 Hz também são audíveis (Sousa, 2002). Além disso, os comprimentos de onda associados às baixas frequências, aproximadamente entre os 2 e os 10 metros, são da mesma ordem de grandeza de elementos construtivos presentes em CT, podendo provocar vibrações nas estruturas (Sousa, 2002) (ver Figura 3.1), sugerindo uma avaliação mais aprofundada deste assunto.

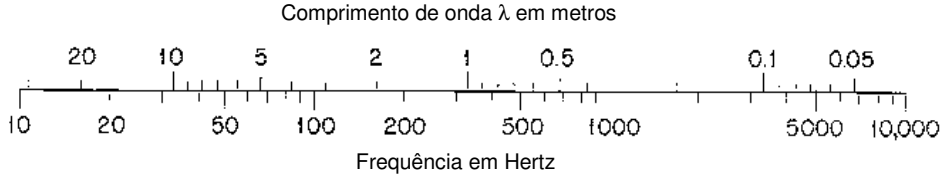


Figura 3.1- Comprimentos de onda (Referência: Harris, 1971)

A análise dos resultados deste estudo também permite concluir que em CT interiores ocorre um reforço do pico máximo de pressão sonora, cujas reflexões na envolvente fechada aumenta os picos em 10 dB, e que o valor do pico sonoro máximo inicial da detonação não depende da CT, mas tão somente da munição utilizada.

O Anexo B apresenta os níveis de pressão sonora e espectros de frequências por banda de oitava do ruído produzido pela detonação.

3.2.2 MEIO DE TRANSMISSÃO

O meio de transmissão do ruído nas CT é aéreo. A detonação traduz-se numa perturbação da pressão atmosférica, que é transmitida à envolvente em ondas esféricas. A radiação deste tipo de onda é isotrópica, ou seja, tem as mesmas características em todas as direcções. Assim, num campo teoricamente infinito, a distribuição da energia sonora depende apenas da distância, ocorrendo um decréscimo da pressão sonora, com o aumento desta (Beranek, 1971; Harris, 1991). Este fenómeno designa-se por divergência geométrica e corresponde a uma diminuição de 6 dB por duplicação da distância, em regime linear.[6]

O nível sonoro de ruído ao propagar-se num campo aberto, através da atmosfera, geralmente diminui com o aumento da distância entre a origem e o receptor. Além da divergência geométrica, as condições de absorção e/ou reflexão de energia sonora e as condições atmosféricas, principalmente o vento, temperatura e humidade relativa, têm grande efeito na propagação do som (Harris, 1991).

As condições de absorção e/ou reflexão da energia sonora podem provocar a atenuação ou o reforço do campo sonoro. Segundo Beranek (1971) e Harris (1991), podem considerar-se os seguintes mecanismos cuja actuação se traduz em absorção ou reflexão de energia acústica: absorção do ar, absorção do solo, barreiras sonoras, edifícios, vegetação, etc.

No que respeita às condições atmosféricas, a propagação do som em distâncias inferiores a cerca de 100 m é essencialmente independente destas. Porém, para distâncias superiores, as condições atmosféricas tornam-se relevantes. O fenómeno de refracção que ocorre devido aos gradientes de vento e temperatura tem um efeito muito importante, especialmente nas frequências mais elevadas, podendo provocar divergências da ordem dos 20 dB (Harris, 1991). O fenómeno de refracção traduz-se da seguinte forma: durante o dia, a temperatura do ar diminui com o aumento da altitude ao solo, condição conhecida como *temperature lapse*;

[6] A distribuição da energia sonora pode caracterizar-se pela intensidade acústica, grandeza que descreve a energia acústica radiada por unidade de tempo e por unidade de área de radiação, para determinada frequência, densidade do ar, e velocidade de propagação. A velocidade de propagação, em regime linear, depende das características do meio de transmissão. Para níveis sonoros superiores a 130-140 dB, a velocidade de propagação depende também da própria pressão acústica, e traduz-se num regime não linear. As frentes de onda com maior energia propagam-se mais rapidamente, gerando-se uma distorção da onda inicial e eventual formação de ondas de choque. Com o afastamento da fonte, atingem-se níveis de pressão para os quais o comportamento passa a ser linear.

durante a noite, a situação inverte-se, ao que se designa por inversão de temperatura. Estes fenómenos provocam uma curvatura na propagação do som, cuja concavidade é voltada para baixo durante o dia, e para cima durante a noite. Podem ser entendidos analogamente ao que ocorre quando a propagação do som ocorre contra ou a favor do vento, respectivamente (Beranek, 1971; Harris, 1991). Assim, as condições de propagação do ruído em condições de inversão de temperatura e/ou a favor do vento são mais desfavoráveis à atenuação do ruído. Por estes motivos, devem ser estas as condições a adoptar para a avaliação da propagação do ruído:

- Direcção do vento dentro de um ângulo de 45° cuja mediatriz é a direcção formada pelo centro da fonte de ruído e o centro da área especificada, com vento a soprar da fonte para o receptor;
- Velocidade do vento entre, aproximadamente, 1 e 5 m/s, medidos a uma altitude entre os 3 e os 11 m acima do solo;
- Propagação (em qualquer direcção horizontal) sob condições de inversão de temperatura (Harris, 1991; NRA, 2004).

Quando, ao invés de um campo aberto, a propagação ocorre em espaço limitado, a onda sonora irá sofrer alterações que decorrem da existência de limites físicos. Nestes, parte da energia acústica proveniente da detonação será reflectida, outra parte absorvida, e ainda uma terceira parte será transmitida para o exterior (Harris, 1991).

No caso limite do espaço fechado, pode estabelecer-se um campo reverberante[7], resultante da sobreposição das ondas sonoras reflectidas em todas as superfícies confinantes, em todas as direcções, cujo nível de pressão sonora poderá ser superior ao nível de pressão sonora da fonte de ruído, e cuja diminuição da intensidade do campo sonoro é mais demorada (Beranek, 1971; CAPS, 1985; Harris, 1991).

3.2.3 ZONAS DE RECEPÇÃO

As zonas de recepção de ruído correspondem a uma área na qual ocorrerá uma alteração do ambiente sonoro durante o funcionamento da CT. Ao nível da segurança interior, tem-se a zona de disparo e sua vizinhança interior ou zona de recepção interior, onde se encontra todo o pessoal inerente ao funcionamento da CT. Ao nível da segurança exterior, tem-se toda a zona confinante exterior ou zona de recepção exterior, alvo de poluição sonora. Esta última confina ou inclui, em alguns casos, áreas públicas ou privadas (CAPS, 1985).

[7] Pode-se dizer que se estabelece um campo reverberante quando se observam os mesmos níveis sonoros em qualquer ponto de um determinado espaço fechado. A avaliação do campo reverberante pode ser estabelecida pelo tempo de reverberação. Por tempo de reverberação, deve entender-se: período de tempo (em segundos) durante o qual o nível de pressão sonora dentro de um espaço fechado diminui 60 dB, após interrupção da fonte, para uma determinada frequência.

A zona de recepção exterior pode estender-se além dos limites de propriedade da CT, dando origem frequentemente a queixas sobre os níveis de ruído incomodativos. A distância até à qual o ruído poderá ser audível com incomodidade para o receptor depende de todos os factores que caracterizam o meio de transmissão, embora, não existindo qualquer dispositivo de condicionamento acústico, seja grande a probabilidade de que essa distância possa atingir valores da ordem dos 1000 m (NRA, 2004).

Em ambas as zonas de recepção de ruído, devem ser consideradas duas ordens de efeitos provocados pelo ruído nos indivíduos receptores: efeitos objectivos e efeitos subjectivos. Os efeitos objectivos podem traduzir-se em efeitos fisiológicos, – a curto prazo e/ou a longo prazo – e são devidos à exposição a elevados níveis sonoros, acima do limiar da dor. Os efeitos subjectivos traduzem-se geralmente em incomodidade, actuando como poluição sonora, e podendo originar queixas ou reclamações (CAPS, 1985; Harris, 1991; NRA, 2004).

3.2.4 DISPOSIÇÕES REGULAMENTARES

O Regime Legal Sobre a Poluição Sonora [Regulamento Geral do Ruído (RGR)] aplica-se (...) às actividades ruidosas, permanentes e temporárias, susceptíveis de causar incomodidade (art.º 1 do RGR).

As actividades ruidosas susceptíveis de causar incomodidade podem ser submetidas ao regime de avaliação de impacte ambiental ou a um regime de parecer prévio, como formalidades essenciais dos respectivos procedimentos de licenciamento, autorização ou aprovação (art.º 2 do RGR).

No que respeita à zona de recepção de ruído interior, o art.º 1.º do Decreto-Regulamentar n.º 9/92 de 28 de Abril, que estabelece o quadro geral de protecção dos trabalhadores contra os riscos decorrentes da exposição ao ruído durante o trabalho, prevê o seguinte:

- Valor limite da exposição pessoal diária: 90 dB(A);
- Valor limite do pico de pressão sonora: 140 dB.

Na plataforma de tiro, o ruído ambiente não deve exceder os 85 dB(A) [Acordo de Padronização da Organização do Tratado do Atlântico Norte (STANAG) n.º 2899; ETL 06-11], devendo ser consideravelmente inferior a este valor, no sentido de melhorar as condições de comunicação dentro da CT (ETL 06-11).

Quando se verificar que os valores de níveis sonoros excedem os valores limite definidos e, se através do recurso a medidas técnicas de protecção colectiva, de organização do trabalho e de protecção individual, não for possível atenuar a severidade da exposição dos trabalhadores ao ruído, é obrigatória a utilização de protectores de ouvidos, adequados, devendo esta

obrigatoriedade ser devidamente assinalada (art.º 2.º e art.º 5.º do Dec-Reg n.º 9/92 de 28 Abril).

No que respeita à zona de recepção de ruído exterior, o art.º 4.º do RGR distingue dois tipos de zonas de exposição ao ruído: zonas sensíveis e zonas mistas. As primeiras são vocacionadas para usos habitacionais, bem como para escolas, hospitais, espaços de recreio e lazer, e outros equipamentos utilizados como locais de recolhimento. Nestas zonas, o ruído está limitado à exposição a um nível sonoro contínuo equivalente, de 55 dB(A), em período diurno (das 7 às 22 horas), e de 45 dB(A), em período nocturno (das 22 às 7 horas). As segundas zonas são vocacionadas para outras utilizações, para além das previstas na definição das zonas sensíveis. Estas zonas estão limitadas à exposição a um nível sonoro contínuo equivalente, de 65 dB(A), em período diurno (das 7 às 22 horas), e de 55 dB(A), em período nocturno (das 22 às 7 horas).

Esta classificação determina limites para níveis sonoros contínuos. No que respeita a níveis sonoros de ruído do tipo impulsivo, prevê o MT-38-2, que o grau de incomodidade ocasionado por um ruído do tipo impulsivo com um determinado nível equivalente é o mesmo que para um ruído contínuo com um nível equivalente aumentado de 12 dB (A), segundo estudos levados a cabo sobre a incomodidade comparativa provocada por ruídos dos tipos contínuo e impulsivo. Assim, os limites determinados pelo RGR devem ser diminuídos de 12 dB(A), passando a traduzir-se no seguinte:

- Zonas sensíveis: limitação do nível sonoro contínuo equivalente, de 43 dB(A), em período diurno (das 7 às 22 horas), e de 33 dB(A), em período nocturno (das 22 às 7 horas);
- Zonas mistas: limitação do nível sonoro contínuo equivalente, de 53 dB(A), em período diurno (das 7 às 22 horas), e de 43 dB(A), em período nocturno (das 22 às 7 horas).

A classificação de zonas como sensíveis implica a proibição da instalação e do exercício de actividades ruidosas de carácter permanente, nas quais se incluem as CT. A sua instalação nas zonas classificadas como mistas exige que o valor do ruído provocado pela actividade ruidosa não exceda o ruído ambiente de fundo em mais de 5 dB(A) durante o período diurno e 3 dB(A) durante o período nocturno, considerando as correcções tonal (de + 3 dB) ou impulsiva (de + 3 dB) do ruído, somadas ao ruído provocado pela actividade ruidosa (art.º 8º RGR).

Desta forma, uma vez que o ruído produzido em CT é do tipo impulsivo e não apresenta características tonais, e que se esperam níveis de utilização da CT superiores a 8 horas diárias (o art.º 8º prevê correcções favoráveis a actividades com durações inferiores), pode definir-se que o valor do ruído provocado pela actividade ruidosa não deve exceder o ruído ambiente de fundo em mais de 2 dB(A) no período diurno, e 0 dB(A) no período nocturno.

Não existe no RGR qualquer prescrição particular para actividades de tiro. Também o RTSFCCT apenas limita as actividades de tiro em CT exteriores ao período compreendido entre as 9 e as 20 horas, excepto em CT interiores devidamente insonorizadas. A

insonorização que é exigida traduz-se nos seguintes termos: “Nas CT interiores, é assegurada uma insonorização que evite reverberações no espaço externo adjacente.”

Deve ser sublinhado que as imposições regulamentares são todas estabelecidas em dB(A), excepto o valor limite de pico de pressão sonora. É que, embora a escala ponderada A seja referida à capacidade da sensação auditiva do ser humano na frequência de 1000 Hz, onde esta é máxima, a sua correlação com a resposta humana em termos de incomodidade na zona das baixas frequências é fraca (Sousa, 2002), o que pode ser ilustrado pelo facto de um aumento significativo do nível de pressão sonora nas baixas frequências se poder traduzir num pequeno aumento do nível de pressão sonora ponderado A (Sousa, 2002). Tendo em conta o amplo espectro de frequências apresentado pelo CAPS (1985), deve ser acautelado o efeito de mascaramento das baixas frequências.

3.2.5 PERDA DE AUDIÇÃO E EFEITOS FISIOLÓGICOS DO RUÍDO

Os efeitos do ruído na audição podem ser divididos em três categorias: trauma acústico, elevação temporária do limiar auditivo (TTS) e elevação permanente do limiar auditivo (PTS). O trauma acústico, traduzido por uma lesão orgânica imediata do ouvido, é provocado por um nível de energia sonora excessivo (Harris, 1991). Normalmente ocorre numa única exposição, ou relativamente poucas exposições a níveis sonoros muito elevados. É o que pode ocorrer, por exemplo, numa explosão.

A elevação do limiar auditivo corresponde a uma diminuição da acuidade auditiva, após a exposição ao ruído. O seu valor corresponde à diferença entre os níveis do limiar auditivo antes e depois da exposição. Como foi categorizada, pode ser temporária ou permanente. A primeira é reversível, enquanto que a segunda é irreversível. Esta pode ser resultado de trauma acústico ou do efeito cumulativo de exposições repetidas durante longos períodos ou ao longo de vários anos (Harris, 1991).

Os factores dos quais depende a TTS são vários e interdependentes. Devem salientar-se o nível sonoro de exposição, a duração da exposição, o espectro de frequências e, ainda, o padrão temporal de exposição.

Para a presente dissertação, destacam-se os efeitos da exposição ao ruído de tipo impulsivo. Este tipo de ruído caracteriza-se por ter um pico de elevado nível sonoro de curta duração. Segundo Harris (1991) e Beranek (1971), as características acústicas do ruído impulsivo, cujos efeitos podem afectar a audição são: pico de pressão sonora, duração do impulso, tempo de elevação, tempo de decréscimo, direcção da variação de pressão, número de impulsos numa determinada exposição, a taxa de repetição dos impulsos e o nível de ruído ambiente.

Num espaço reverberante, o ruído impulsivo provoca maior TTS do que num campo aberto. O nível de pressão sonora crítico é aproximadamente 130 dB, sendo aceitável 140 dB, se este se

referir ao ruído produzido por uma arma de fogo. Se as restantes variáveis foram consideradas constantes, a TTS aumenta proporcionalmente com aumento do nível de pressão sonora do pico. Além disso, aumenta aproximadamente em proporção directa com a duração da exposição. Tratando-se de ruído impulsivo, é proporcional ao número de impulsos (em vez do período total de tempo de exposição), embora, para iguais períodos de exposição, os seus efeitos sejam menores do que os efeitos de uma exposição a um nível sonoro equivalente contínuo (Harris, 1991).

Deve destacar-se ainda que o de limite de *silêncio efectivo*, que se traduz no nível de pressão sonora cujo valor não provoca nem retarda a recuperação da TTS, seja qual for o duração da exposição, está entre os 70 e 80 dB(A) (valores referentes à exposição a ruído contínuo).

Crê-se que a relação entre a TTS e a PTS resida no facto de os processos fisiológicos que as originam serem similares, diferindo apenas em grau. Além disso, a relação entre as propriedades físicas do ruído e o desenvolvimento de PTS é similar à observada no desenvolvimento da TTS (Harris, 1991).

Os efeitos fisiológicos da exposição ao ruído podem ser divididos em efeitos de curto prazo e de longo prazo. Os primeiros poderão não permanecer além do momento do estímulo ou persistir apenas por períodos de tempo mensuráveis em minutos ou, em casos excepcionais, em horas. Os segundos poderão persistir por períodos de tempo superiores a vários dias ou semanas (Harris, 1991), considerando-se permanentes se não apresentarem recuperação até cerca de três semanas (Beranek, 1971). Os efeitos de longo prazo são geralmente atribuídos a estímulos repetidos que geram respostas de curto prazo e cujo efeito é cumulativo.

Enquanto os efeitos de curto prazo são geralmente claros, os efeitos de longo prazo são-no muito menos, essencialmente devido à interferência que outros factores podem ter na sua avaliação, em períodos de tempo muito grandes. Desta forma, os estudos desta natureza baseiam-se em estruturas multicausais, com mais do que uma variável. Além disso, são estudos cuja observação e interpretação contêm alguns obstáculos, e cuja transposição do laboratório para a realidade pode por vezes ser desadequada.

Os efeitos de curto prazo podem incluir alterações do estado de tensão muscular, irregularidade do sistema respiratório, e alterações cardiovasculares, traduzidas pela alteração do ritmo cardíaco e pela diminuição do diâmetro de vasos sanguíneos nas zonas periféricas do organismo. São ainda considerados efeitos de curto prazo a dilatação das pupilas, alterações ao estado de equilíbrio, motilidade gastrointestinal e reacções bioquímicas e endocrinológicas (Harris, 1991).

No que respeita particularmente ao ruído impulsivo, verifica-se que níveis de pressão sonora de 90 a 105 dB, provocam uma diminuição drástica da pressão arterial diastólica, bem como do ritmo cardíaco (Harris, 1991).

O ruído pode provocar também distúrbios do sono. A exposição a níveis sonoros elevados durante o período diurno de actividade tem efeitos subsequentes nos períodos de repouso, que podem incluir insónia e fadiga. A exposição ao ruído durante os períodos de repouso, mesmo com níveis sonoros inferiores, provoca maiores reacções do que em períodos de actividade (Harris, 1991).

Todos estes efeitos são, primariamente, de ordem fisiológica. Pensa-se, porém, que os seus efeitos cumulativos os poderão tornar psico-patológicos. Vários estudos referem que o ruído é um dos factores de *stress* mais proeminente no local de trabalho. Existem indicações que apontam a exposição ao ruído como factor de risco para a saúde, podendo causar hipertensão, doença coronária, e alterações bioquímicas. No que respeita especialmente às doenças cardiovasculares, a longo prazo, o *stress* provocado pelo ruído é uma das suas causas (Harris, 1991).

3.2.6 IMPACTE AMBIENTAL

Segundo NRA (2004), as CT devem ser classificadas como *parques de ruído*. De acordo com o apresentado até aqui, pode concluir-se que: os níveis sonoros produzidos nestas infra-estruturas facilmente ultrapassam os limites definidos na lei (ver 3.2.1 e 3.2.2); facilmente se estendem a zonas de recepção de ruído relativamente afastadas da própria fonte (ver 3.2.2); e os seus efeitos nas zonas vizinhas podem traduzir-se em incomodidade (ver 3.2.3) ou em prejuízo da saúde (ver 3.2.5).

Assim, a sujeição aos regimes de avaliação de impacte ambiental ou de parecer prévio à sua instalação (ver 3.2.2) deve ser cuidadosamente conduzida, tendo em conta o uso do território previsto pela lei, e enquadrada pelos planos municipais de redução do ruído (art.º 6.º do RGR). A NRA (2004) defende ainda que podem ser conduzidos estudos acerca do impacte económico da instalação da CT nas zonas próximas, bem como da opinião da comunidade local acerca do ruído, permitindo perceber a aceitação do projecto pela comunidade e delinear estratégias de actuação perante esta.

3.3 EXPOSIÇÃO AO CHUMBO

A utilização do chumbo é conhecida desde a Antiguidade, tendo sido os Romanos e os Gregos que descobriram as suas propriedades tóxicas (Barsan, *et al*, 1996). O chumbo é um elemento natural que pode ser encontrado sob variadas formas, tratando-se de um metal tóxico e pesado. Embora na sua forma metálica tenha uma baixa reactividade, os elementos de chumbo que constituem as várias composições químicas utilizadas nas munições são muito

facilmente absorvíveis pelo organismo humano [National Association of Shooting Ranges (NASR), 2005].

A sistematização do problema da exposição ao chumbo em CT deve abordar os seguintes processos: fonte de contaminação, forma de admissão ao organismo, elementos sujeitos à contaminação e respectivo critério de admissibilidade.

Além do chumbo, as munições podem conter outros metais ou compostos tóxicos. Normalmente ocorre a formação de grandes quantidades de monóxido de carbono, óxidos de azoto [Anania, *et al*, 1975; Naval Environmental Health Center Technical Manual (NEHC-TM) 6290.99-10] e libertação de pólvora não queimada (NEHC-TM6290.99-10). Os primeiros apresentam um risco inferior, face à contaminação pelo chumbo, e uma vez que a implementação de medidas quanto ao chumbo resolverá, por simpatia, a exposição a esses gases, o estudo desses não será aprofundado. No que respeita à acumulação de pólvora queimada, poderá aumentar os riscos de incêndio (NEHC-TM6290.99-10), mas, pela mesma razão dos primeiros, o seu estudo não será aprofundado.

3.3.1 FONTES DE CONTAMINAÇÃO

As munições das armas de projéctil único (ver 2.2.2) são constituídas pelo projéctil propriamente dito, ou bala, e o estojo ou invólucro. O projéctil é constituído por um material denso, tradicionalmente, chumbo. Este pode estar totalmente exposto, ou encamisado, total ou parcialmente. As munições utilizadas para fins militares são do tipo encamisada, designadas comummente por *full metal jacket*. A capa externa, designada de camisa metálica, é composta, em geral, por ligas de cobre e zinco. Deve ressalvar-se o facto de esta designação não implicar a inexistência de chumbo exposto, uma vez que alguns tipos de munição não têm a base do projéctil, que está voltada para o interior do invólucro, encamisada. É o caso das munições de 9 mm utilizadas em algumas pistolas em uso nas Forças Armadas e forças de segurança.

O estojo ou invólucro aloja o fulminante e a carga propulsora (ou propelente). O fulminante é o elemento iniciador explosivo, que faz deflagrar a carga propulsora. A carga propulsora é a carga principal, que propulsiona o projéctil. Normalmente a mistura explosiva que constitui o fulminante contém sais e nitratos metálicos muito sensíveis, frequentemente compostos de chumbo. A carga propulsora é constituída por um composto de pólvora.

Desta forma, pode concluir-se que munições são a fonte de chumbo principal nas CT[8]. Porém as fontes de contaminação não estão relacionadas tão directamente com as munições, uma

[8]O desenvolvimento de munições sem chumbo é uma tecnologia emergente. Por exemplo, existem projécteis compostos por outros materiais, nomeadamente as munições frangíveis, cujo projéctil é cerâmico, sendo pulverizado quando ocorre o impacto. Simultaneamente existem fulminantes compostos por outros químicos, embora ainda não se tenham conseguido resultados positivos no que respeita a sua estabilidade em armazenamento, o que provoca muitas falhas de tiro. Além disso, este tipo de munições ainda tem custos muito elevados. (NASR, 2005)

vez que só as munições não encamisadas permitem contacto directo com o chumbo. Podem definir-se os seguintes processos, os quais se constituem em fonte de contaminação:

- Combustão da carga propulsora - os gases produzidos atingem elevadas temperaturas e provocam vaporização de chumbo do projéctil;
- Expelição do projéctil pelo cano da arma - os gases propulsores do projéctil são também expelidos pelo cano da arma, em todas as direcções. A expansão destes pode provocar a formação de ondas de choque que perturbam o ar na zona de respiração do atirador;
- Devido à sua densidade, pelo efeito da gravidade, todas as partículas não voláteis expulsas pelo cano da arma, irão assentar rapidamente, cobrindo as superfícies próximas do atirador com finas partículas de chumbo – segundo o termo original, *lead dust*;
- Todos os dispositivos de desenfiamento, bem como o próprio leito da CT, alojam e interceptam projécteis, constituindo-se em fonte de chumbo e partículas de chumbo (NSSF, 1997; NEHC 2002; NRA, 2004; NASR, 2005).

3.3.2 FORMAS DE ADMISSÃO AO ORGANISMO

A contaminação pelo chumbo designa-se, normalmente, por envenenamento por chumbo, fazendo parte da classe de envenenamento por metais pesados. Pode ocorrer pela inalação de partículas ou gases, e pela ingestão de partículas contaminadas por chumbo acumuladas em superfícies com as quais o atirador está em contacto (Barsan, *et al*, 1996; NASR, 2005). A absorção gastrointestinal é de cerca de 10% da dose ingerida (podendo ascender a 50% em crianças), e é potenciada pela deficiência de ferro, cálcio e zinco no organismo. A absorção pela via respiratória depende do volume de partículas inaladas e do seu tamanho. Uma parte da dose ingerida é eliminada pelo sistema renal e outra é absorvida. Em condições normais, 5 a 10% da dose ingerida entra no sistema linfático, 80 a 90% acumula-se nos ossos, e o restante nos tecidos moles principalmente rins e cérebro. O período de semi-vida do chumbo no sangue e tecidos moles é de 24 a 40 dias, e nos ossos é de 104 dias (Kasper, *et al*, 2004).

Os efeitos nocivos à saúde surgem normalmente a longo prazo, uma vez que os níveis de chumbo acumulados nos ossos e nos tecidos irão libertar chumbo no organismo sucessivamente, mesmo após a exposição (Barsan, *et al*, 1996; NRA, 2004; NASR, 2005).

Em CT, a principal forma de admissão é através da inalação de partículas de chumbo libertadas no ar durante a execução do tiro e acumuladas nas superfícies da CT, próximas e afastadas. Poderá ainda ocorrer por ingestão indirecta, através do contacto de partes do corpo ou de vestuário com alimentos ou água, e em muito pequena extensão através da absorção pela pele (NRA, 2004; NASR, 2005).

3.3.3 DISPOSIÇÕES REGULAMENTARES

O Decreto-Lei n.º 274/89, de 21 de Agosto de 1989, consagra a Directiva do Conselho n.º 82/605/CEE, de 28 de Julho de 1982, relativa à protecção dos trabalhadores contra os riscos resultantes da exposição ao chumbo, e aplica-se às empresas e estabelecimentos que desenvolvam actividades cujo exercício seja susceptível de originar a exposição dos trabalhadores ao chumbo metálico e aos seus compostos iónicos. Considera-se que pode existir um risco de absorção de chumbo na utilização de munições contendo chumbo em espaços fechados. (art.º 1º).

O art.º 2º do presente diploma define o seguinte:

- Nível de acção: valor de concentração de chumbo no ar nos locais de trabalho fixado em 75 $\mu g/m^3$, referido a oito horas diárias e a 40 horas por semana;
- Valor limite de concentração de chumbo: valor de concentração de chumbo no ar nos locais de trabalho que não deve ser ultrapassado, fixado em 150 $\mu g/m^3$, referido a oito horas diárias e a 40 horas por semana;
- Valor limite biológico: taxa individual de plumbémia ou concentração de chumbo no sangue que não deve ser ultrapassado, fixado em 70 $\mu g/dl$[9] de sangue.[10]

Os art.^{os} 6º, 7º e 8º definem, respectivamente, quais as medidas de intervenção a ser tomadas em caso de ultrapassagem do nível de acção, do valor limite de concentração e do valor limite biológico. O art.º 12º define o plano de vigilância médica exigido.

O diploma aplicável à protecção dos trabalhadores contra os riscos resultantes da exposição ao chumbo nos EUA [29 Code of Federal Regulation (CFR) 1910.1025 General Industry Lead Standard] define:

- Nível de acção: 30 $\mu g/m^3$, referido a oito horas diárias;
- Valor limite de concentração de chumbo: 50 $\mu g/m^3$, referido a oito horas;
- Intervenção médica em indivíduos cuja taxa individual de plumbémia atinja valores de 50 µg/dl de sangue (Barsan, *et al*, 1996).

[9] A taxa individual de plumbémia é considerado o melhor indicador da quantidade de chumbo absorvido pelo organismo. Normalmente é apresentada em valores de microgramas (µg) de chumbo por 100 gramas (g), 100 mililitros (ml) ou decilitro (dl) de sangue. Estas unidades são essencialmente as mesmas. A taxa de plumbémia traduz a quantidade de chumbo que circula na corrente sanguínea, embora não forneça qualquer informação acerca da quantidade de chumbo acumulada nos tecidos. Portanto, não traduz o efeito que o chumbo está a ter no organismo nem que as exposições anteriores possam ter provocado. Porém, vários estudos afirmam que a taxa de plumbémia é um indicador importante de probabilidade da existência de doenças ou incapacidades devidas ao chumbo. (29 CFR 1910.1025)

[10] Poderão ser aceites taxas de plumbémia até 80 µg/dl de sangue, sempre que se verifique uma das seguintes condições: nível de ácido delta-aminolevulínico na urina (ALAU) inferior a 20 mg/g de creatinina; nível de protoporfirina de zinco no sangue (PPZ) inferior a 20 mg/g creatinina; nível de desidratase do ácido delta-aminolevulínico no sangue (ALAD) superior a seis unidades europeias (UE). (Dec-Lei n.º 274/89, de 21 de Agosto de 1989)

O 29 CFR 1910.1025 estabelece como objectivo condutor a manutenção das taxas individuais de plumbémia abaixo dos 40 µg/dl de sangue referindo que, para valores acima deste, o risco aumenta consideravelmente. Além da taxa de plumbémia, considera que os períodos de tempo em que esta atinge valores elevados são igualmente um indicador crítico do risco existente para a saúde. Quanto mais longos forem estes períodos, maior será o risco de acumulação de chumbo nos ossos e nos tecidos, aumentando o risco de danos permanentes para a saúde.

Em 1996, Barsan (1996) referia ainda que o U. S. Public Health Service estabelecia como objectivo nacional eliminar todas as exposições ocupacionais que resultassem em taxa de plumbémia superiores a 25 µg/dl de sangue, para o ano 2000.

Como se pode constatar os valores apresentados pelo Decreto-Lei n.º 274/89, de 21 de Agosto de 1989, poderão ser alvos de crítica, e a sua transposição para a realidade deverá acautelar os dados hoje conhecidos acerca dos índices biológicos de exposição ao chumbo. Acrescente-se que os valores presentes neste Dec-Lei deixaram de ser aplicados nos EUA em 1979, e que esses remontavam aos objectivos industriais dos anos 30 .

3.3.4 EFEITOS FISIOLÓGICOS DA CONTAMINAÇÃO

São vários os estudos que documentam os efeitos nocivos do chumbo nos sistemas nervoso, reprodutivo, renal, linfático e digestivo. O envenenamento pelo chumbo, também conhecido por saturnismo, pode ocorrer devido a exposição crónica ou devido a um período, embora curto, de muito elevada exposição. Os seus sintomas são os característicos do envenenamento por metais pesados, facilmente confundíveis com outras causas. Incluem, fraqueza, cansaço, irritabilidade, constipação, anorexia, desconforto abdominal, cólicas, tremores (NIOSH, 1975; Barsan, *et al*, 1996;NASR, 2005), anemia e perda de memória (Kasper, et al, 2004; NRA, 2004). Existe prova de que o chumbo é um cancerígeno animal, embora não existam evidências conclusivas que permitam afirmar que a exposição ao chumbo possa provocar cancro em humanos (Barsan, *et al*, 1996).

Porém, as respostas individuais à exposição apresentam variações muito grandes de indivíduo para indivíduo (29 CFR 1910.1025; Barsan, *et al*, 1996; NRA, 2004). Os sintomas surgem normalmente associados a elevação prolongada da taxa de plumbémia acima de 80 a 100 µg/dl de sangue (Kasper, et al, 2004), embora exista registo de sintomas neurológicos em indivíduos com taxas de plumbémia entre 40 a 60 µg/dl de sangue, fertilidade reduzida em indivíduos do sexo masculino com taxas de plumbémia tão baixas como 40 µg/dl de sangue, e aumento da pressão sanguínea, sem qualquer efeito incapacitante, em taxas inferiores a 10 µg/dl de sangue (Barsan, *et al*, 1996).

Os riscos associados à contaminação existem tanto nas CT exteriores como nas CT interiores, embora nestas últimas sejam significativamente mais elevados, particularmente no que

respeita aos seus utilizadores (NRA, 2004). Numa CT bem concebida, porém, o risco de contaminação pode ser considerado baixo [Environmental Protection Agency (EPA), 2005].

3.3.5 IMPACTE AMBIENTAL – CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

Como referido, na sua forma metálica, o chumbo tem uma reactividade química relativamente baixa, sendo pouco hidrosolúvel, e estando geralmente inactivo no meio natural. Embora apenas uma pequena proporção do chumbo depositado se torne activo no ambiente, a sua toxicidade latente, característica dos metais pesados, coloca várias preocupações válidas [NSSF, 1997; Small Arms Firing Range Team (SAFRT), 2005].

A sua interacção com os ecossistemas pode ocorrer sob diversas formas, apenas resultando em contaminação quando se torna activo, o que ocorre quando ganha mobilidade, e/ou quando ingerido/absorvido pela fauna e pela flora. O factor determinante para a activação do chumbo é o pH do meio a que se encontra exposto na CT (água ou solo)[11]. Tende a tornar-se activo em meios cujo pH se aproxime dos extremos, ou seja, meios ácidos ou alcalinos. Esta tendência inverte-se para condições de pH próximas das condições neutras, num intervalo entre 6,5 e 8,5. Nestas condições, é menos hidrosolúvel e tende a ligar-se fortemente a argilas, material orgânico e outros sedimentos, reduzindo a sua activação no meio (NSSF, 1997).

Desta forma, a sua activação poderá ocorrer através dos seguintes processos:

- Dissolução ou associação com finas partículas suspensas em águas subterrâneas ou superficiais ingeridas pela fauna e/ou pelo ser humano;
- Ingestão acidental pela fauna;
- Associação com partículas de solo que podem ser inaladas, particularmente em operações de expurgo e manutenção de dispositivos de desenfiamento. (NSSF, 1997)

Quando reunidas as condições necessárias à sua dissolução na água, a precipitação e o escoamento superficial poderão transportar chumbo dissolvido para rios, lagos ou zonas pantanosas, onde influenciará a qualidade das águas superficiais. Este fenómeno introduzirá o chumbo no ecossistema perturbando o seu equilíbrio, potencialmente interagindo com a fauna e a flora aquáticas, podendo também assim entrar na cadeira alimentar de outros organismos aquáticos ou terrestres.

A dissolução do chumbo na água apenas ocorrerá em condições de pH ácido ou alcalino, e será tanto maior quanto maior for o período de contacto entre a água e o chumbo. A quantidade que poderá atingir os cursos de água pode ser estimada pelo escoamento

[11] A acidez é medida pelo pH, cuja escala varia entre 1 e 14, sendo que 7 equivale a um meio neutro, nem ácido nem alcalino (ou básico). Valores abaixo de 7 indicam condições ácidas, quanto menor o valor maior a acidez do meio, e igualmente valores superiores a 7 indicam condições alcalinas, e quanto maior o valor maior a alcalinidade.

superficial, que depende dos seguintes factores: intensidade e frequência da precipitação, inclinação das superfícies de escoamento, quantidade e tipo de vegetação existentes nas superfícies de escoamento, e porosidade do solo (NSSF, 1997; EPA, 2005). À excepção do primeiro, os restantes podem ser controlados.

No que respeita à contaminação da água subterrânea, o escoamento superficial contendo chumbo dissolvido irá distribuir chumbo ao longo do seu percurso, devido à sua associação às partículas de solo. Simultaneamente, a absorção e percolação de água pelos solos poderá transportar chumbo para níveis inferiores. Além do pH, os factores que determinam a extensão da dissolução de chumbo no solo são:

- Quantidade de sílicas no solo – o chumbo liga-se fracamente com as sílicas, ou seja, quase todo o chumbo dissolvido na água, ao passar por areias, irá continuar dissolvido atingindo mais rapidamente as águas subterrâneas;
- Porosidade – maior porosidade permite mais rápida percolação, o que diminui os períodos de contacto, diminuindo a ligação do chumbo ao solo e, consequentemente, aumentando a contaminação da água subterrânea;
- Quantidade de argila no solo – o chumbo liga-se facilmente às argilas e, simultaneamente, as argilas impedem a rápida percolação da água, impedindo que esta atinja tão rapidamente as águas subterrâneas;
- Quantidade de matéria orgânica presente no solo – o chumbo liga-se mais facilmente a solos ricos em matéria orgânica do que a qualquer outro tipo de solo, excepto solo argiloso;
- Profundidade das águas subterrâneas (NSSF, 1997).

A contaminação dos ecossistemas também poderá ocorrer pela ingestão acidental de fragmentos de balas pela fauna, e/ou pela absorção de chumbo por certo tipo de flora, acumulando-se nas folhas, sementes ou outras partes, que podem por sua vez ser ingeridas por animais, entrando na cadeia alimentar, podendo ser transmitida a predadores e restante cadeia alimentar (NSSF, 1997).

3.3.5.1 EROSÃO

Embora não se trate directamente de uma questão relacionada com o chumbo e a contaminação dos recursos naturais, a relação da erosão com esses justifica o seu enquadramento neste ponto.

A erosão é o resultado das acções combinadas dos escoamentos de águas pluviais, do ciclos de degelo e do vento. Resulta no desgaste das camadas superiores do solo, podendo provocar degradação da qualidade da água e dos *habitats* aquáticos, bem como migração de chumbo (NSSF, 1997).

No que respeita às CT, a erosão surge fundamentalmente nos dispositivos de desenfiamento constituídos por espaldões de terra (ver 4.1.1.1), onde os projécteis disparados atingem continuamente os mesmos pontos do espaldão, atrás dos alvos. Isto provoca áreas continuamente perturbadas por impactos de projécteis, pulverizando o solo ali existente. Este facto potencia o fenómeno da erosão nestas zonas, que se traduz em duas consequências: por um lado, diminui a capacidade de absorção de projécteis, ao diminuir a espessura e coesão das camadas que constituem a superfície do espaldão, e por outro, uma vez que estas zonas se constituem como fontes de chumbo (ver 3.3.1), aumentam a possibilidade de contaminação dos recursos naturais por aquele metal.

Os factores de maior relevo para abordar a questão da erosão em CT são: níveis de pluviosidade e intensidade, textura e estrutura do solo, declive e cobertura vegetal (NSSF, 1997).

3.4 EQUIPAMENTOS GERAIS

3.4.1 SISTEMAS DE ALVOS

Alvos são os objectos usados na prática de tiro sobre os quais se apontam e disparam as armas de fogo, com a finalidade de os atingir com os projécteis dessas armas. As suas especificações dependem das modalidades de tiro efectuadas nas sessões de tiro, sendo definidas pelas entidades responsáveis pelas instruções e treino de tiro ou organizadoras dos campeonatos de tiro (MT-38-2). No que respeita às Forças Armadas, cada ramo define quais as especificidades dos alvos, e geralmente, no que respeita à prática de tiro em meio civil, aplicam-se os regulamentos da Federação Portuguesa de Tiro e da International Shooting Sports Federation (ISSF).

É importante, porém, perceber quais as exigências que os sistemas de alvos devem colocar à concepção das infra-estruturas, uma vez que estes são essenciais à prática de tiro, e as infra-estruturas são dedicadas inteiramente a esta actividade. Os alvos podem ser fixos, móveis e de projecção cinematográfica. Dentro dos de tipo fixo, podem ser ainda de caixilho ou de eclipse (tombantes ou giratórios – rodam com uma amplitude de 90° em torno de um eixo horizontal ou vertical, respectivamente). Os alvos do tipo móvel deslocam-se horizontal ou obliquamente, com sentidos de translação ao longo, perpendicular ou obliquamente à direcção de tiro, exigindo outro tipo de infra-estruturas, onde se podem incluir, casas de máquinas, motores fixos ou móveis, meios de guiamento como calhas ou carris, meios de tracção como cabos ou correntes, entre outros.

Desta forma, considera-se que o sistema de alvos se compõe pelo alvo propriamente dito, bastidor do alvo e acessórios. O alvo propriamente dito, de acordo com a definição constante do MT-38-2, é um objecto de superfície lisa ou em relevo, que pode ser constituído por

diversos materiais. Os alvos de caixilho, que também se designam por alvos do tipo painel, são os mais convencionais, onde os materiais utilizados normalmente são o papel, sendo frequente também a utilização de cartão, tela, e madeira, onde o caixilho costuma ser também de madeira. Será importante, acima de tudo, que o material de que é feito o alvo permita que os projécteis o atravessem com a menor deflexão possível (NRA, 2004). Os alvos de eclipse normalmente são alvos em silhueta (o limite exterior do alvo corresponde ao contorno da figura inscrita no alvo), embora tal não seja obrigatório. Os alvos em silhueta frequentemente utilizam na sua constituição madeira, materiais plásticos, ferro e aço.

Estes são tipos de alvos de superfície lisa. Nos alvos em relevo, utiliza-se borracha, barro, ou folha zincada. O desenho inscrito em ambos poderá ser o tradicional conjunto de círculos concêntricos, ou qualquer outra figura geométrica ou figura representativa de homens, animais, viaturas, aeronaves, ou ainda figuras sem qualquer outro objectivo que não seja o de constituir um visual[12]. As figuras poderão ainda ser projectadas através de sistema de vídeo sobre uma tela concebida para o efeito.

Os bastidores dos alvos são os dispositivos que sustentam os alvos na sua posição, podendo ser constituídos de madeira, nos casos mais simples, ou por estruturas e mecanismos concebidos especialmente para o efeito, noutros materiais, como são os casos dos alvos tombantes ou giratórios e móveis, e no caso da linha de alvos integrar um abrigo de marcadores de alvos (ver 4.1.4). Os bastidores podem ser suportados por uma estrutura tão simples como uma calha metálica, ou tão complexa quanto os dispositivos mecânicos, eléctricos, electrónicos ou cinematográficos que constituam os bastidores. Estes poderão até incluir sistemas de sensibilidade ao toque, que permitam auto-registar os impactos dos projécteis. São exemplo destes os alvos tombantes, ou os de projecção cinematográfica, através da imobilização da imagem projectada. Especificações de cada sistema devem ser encontradas junto dos fabricantes dos mesmos.

Poderão ainda existir acessórios, mais uma vez tão vastos quanto os bastidores, desde a vara indicadora de impactos, ou as figuras para a marcação de tiro às distâncias de 100, 200 e 300m, até sistemas de televisão em circuito interno que permitam a visualização dos impactos, marcadores electrónicos de impactos e sistemas de controlo dos bastidores.

Embora seja cada vez menos utilizado, deve introduzir-se o conceito de alvo homotético. É um tipo de alvo que se utiliza quando se pretende simular a prática de tiro a uma distância superior à permitida pela distância máxima de tiro de determinada infra-estrutura. Os alvos podem ser em tudo semelhantes aos normais, tendo apenas um tamanho proporcionalmente inferior aos mesmos, de forma a corresponderem a distâncias proporcionalmente inferiores às distâncias pretendidas. O método de cálculo das dimensões dos alvos homotéticos é definido pelo MT-38-2.

[12] Por visual entende-se o ponto ou área do alvo destinada a ser visada pelo atirador. MT-38-2

CAPÍTULO 4 CT EXTERIORES

4.1 SEGURANÇA

4.1.1 DISPOSITIVOS DE DESENFIAMENTO

A caracterização dos dispositivos de desenfiamento enquadra-se no referido nos pontos 2.2.3 e 3.1.4, e pretende apresentar de uma forma clara e abrangente os tipos de dispositivos que podem ser encontrados ou utilizados em CT Exteriores.

O seu dimensionamento pode ser efectuado de acordo com o vigente no MT-38-2. Em NRA (2004) e no ETL 06-11 podem ser igualmente encontradas várias peças desenhadas, traduzindo disposições de relevo para o dimensionamento desses elementos. Os fabricantes de dispositivos específicos para este tipo de infra-estruturas disponibilizam também, frequentemente, elementos de concepção e dimensionamento, e peças desenhadas.

4.1.1.1 ESPALDÃO FRONTAL E CÂMARA PÁRA-BALAS

Pode ser designado por espaldão, espaldão de absorção ou espaldão final, ou de uma forma abrangente, por dispositivo pára-balas frontal. É o principal dispositivo de desenfiamento vertical superior e o mais convencional. Pressupondo as condições normais de tiro, segundo o RAD-38-1, pretende interceptar os tiros normais e tiros errados que sofram um desvio vertical não superior a 14°[13]. Por vezes, surge encaixado dentro de uma câmara de betão armado, passando a designar-se câmara pára-balas. Pode surgir igualmente sob a forma de dispositivo de detenção, deflexão e recolha de projécteis, ou outro dispositivo de retenção de projécteis fabricado especificamente para esse fim, embora essa situação seja mais comum em CT interiores (ver 5.2.1).

O espaldão convencional consiste numa barreira ou aterro, voltado para a plataforma de tiro, a toda a largura da zona de tiro, ou mesmo da infra-estrutura. Pode ser natural, artificial, ou artificialmente corrigido e completado (RAD-38-1).

A sua superfície deverá ser constituída por uma camada de terra solta e penetrável, isenta de pedras e outros corpos duros que possam provocar ricochetes. Esta camada pode ter espessuras entre os 45 a 60 cm, 1 m, e 2 m, de acordo, respectivamente com NRA (2004), MT-38-2, e ETL 06-11, Destina-se a garantir a penetração e absorção dos projécteis, não provocando ricochetes.

[13] Este valor refere-se à modalidade de tiro mais crítica para o dimensionamento, tiro instintivo. Porém, e de acordo com o RAD-38-1, para tiro de precisão o desvio máximo aceitável para tiros normais e tiros errados é de 8º. É de fazer notar, além disso, que a altura da boca da arma, em tiro de precisão e tiro instintivo é diferente, sendo normalmente inferior na segunda (ver 3.1.1). Este factor deverá ser tido em conta quando for calculada a altura mínima do espaldão.

As camadas inferiores destinam-se fundamentalmente a suportar a superficial e a absorver a restante energia do projéctil. O MT-38-2 prevê que sejam duas, uma camada interior ou núcleo e uma camada intermédia. A primeira é constituída de terra assente em cascalho ou pedras de grande ou médio volume. A segunda, com uma espessura de 1 m, é constituída preferencialmente por terra vegetal, isenta de pedras. O núcleo pode ser constituído por material de enchimento (mancha de empréstimo ou entulho), desde que garantida a espessura da camada superficial (NRA, 2004).

Frequentemente, a fim de reduzir os efeitos da erosão provocada pelos impactos dos projécteis (ver 3.3.5.1) e facilitar os trabalhos de manutenção/reparação do espaldão, deve constituir-se por 2 a 3 troços, separados por patamares, que garantam o escoamento das águas pluviais. É comum ainda tratar a camada superficial através do cultivo de vegetação específica, que permita estabilizar o talude e reduzir os efeitos da erosão. Em casos de solos muito pouco coesos, podem ser utilizadas outras técnicas de contenção, desde que sejam garantidas todas as características balísticas que garantam a absorção de impactos e não permitam a ocorrência de ricochetes.

A inclinação da face que recebe os impactos deve formar um ângulo com a horizontal entre os 90° (ideal) e os 38° (que corresponde a uma razão vertical:horizontal de 1:1,25). Esta inclinação poderá, no mínimo, atingir os 33/34° (razão de 1:1,5) (NRA, 2004; ETL 06-11). A dificuldade em erguer um espaldão vertical com as características descritas acima, aconselha, geralmente, que a inclinação seja tão elevada quanto as características do solo permitam, pois quanto maior a inclinação mais favorável se torna o espaldão à penetração do projéctil. Quando não for possível atingir a inclinação mínima, será necessário instalar outros dispositivos de desenfiamento, nomeadamente diafragmas pára-balas (ver 4.1.1.2) e palas (ver 4.1.1.5).

A altura do espaldão convencional pode ser estimada, a partir do desvio vertical máximo admitido de 14° e a posição de atirador de pé (boca da arma à altura de 1,4 m do solo), consoante a distância entre a plataforma de tiro e a base do espaldão (a base do espaldão deverá estar afastada cerca de 2 a 5 m da linhas de alvos). Numa CT de 25 m, a altura do espaldão deve ser entre 6 e 12 m (NRA, 2004; MT-38-2).[14] Para distâncias de tiro superiores, 50, 100, 200 e 300 m, as alturas mínimas do espaldão frontal elevam-se a valores da ordem dos 36 a 53 m, os quais tornam impraticável a construção de espaldões artificiais. Nestes casos, será necessário construir diafragmas pára-balas, ou garantir a constituição de zonas de segurança adequadas.

Como referido, uma solução frequente, alternativa ao espaldão convencional, é a câmara pára-balas (Figura 4.1). Esta consiste de um espaldão de absorção embutido numa câmara de betão armado, constituída por uma parede de fundo vertical, duas paredes laterais, laje de cobertura

[14] Valores para desvio máximo de 8º e altura da boca da arma de 1,40m, e para 14º, e 1,30m.

e pala vertical. Estas paredes, bem como quaisquer paredes voltadas às origens de tiro, são revestidas a madeira ou borracha, com caixa de ar entre os dois materiais. Podem ser ainda reforçadas por uma chapa de aço de pequena espessura no interior da caixa de ar, encostada à superfície da parede. A laje de cobertura deverá ter uma inclinação de 15%, descendente da pala para a parede final. A pala vertical deverá ter cerca de 2 a 2,5 m de altura e ser aplicada desde a face anterior da laje de cobertura para baixo (MT-38-2).

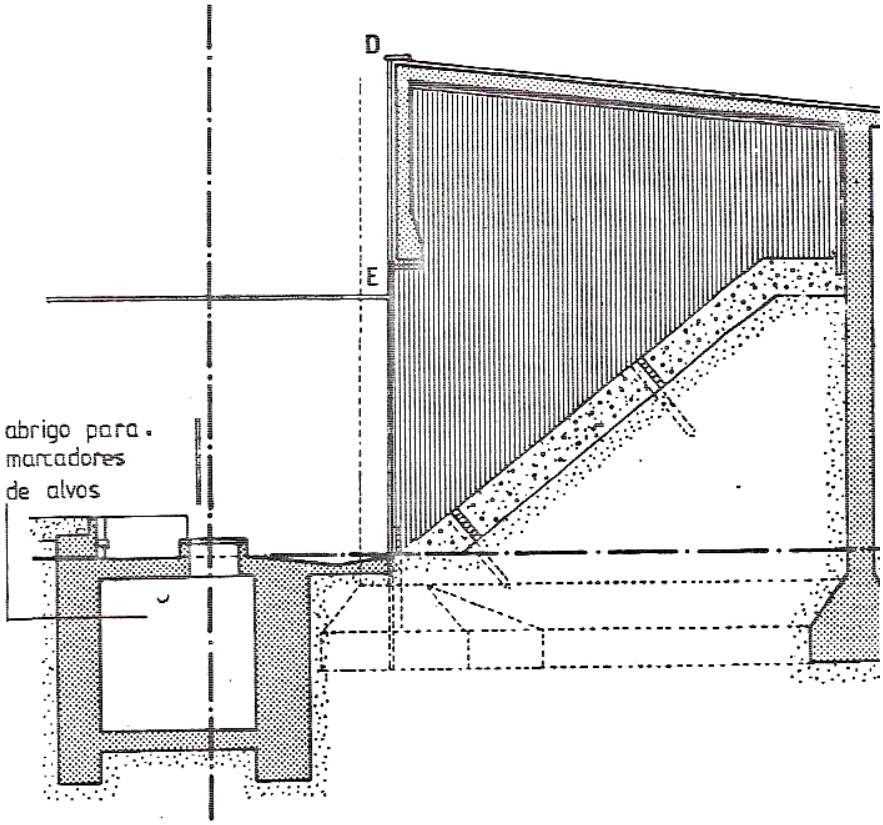


Figura 4.1 - Câmara pára-balas e abrigo dos marcadores dos alvos (ver 4.1.4) (Referência: MT-38-2).

Este tipo de dispositivo de desenfiamento permite reduzir as dimensões do espaldão. Esta constatação deve-se à sua altura, superior à do espaldão, e ao facto de, erguendo-se verticalmente, a superfície plana vertical da pala se encontrar mais próxima das origens de tiro, do que a crista do espaldão. Além disso, a existência de uma parede de fundo irá reduzir a extensão da base do espaldão, que deve ser constituído nos mesmos moldes do espaldão convencional, embora a sua altura normalmente não seja superior a 4 m, podendo ou não estar encostado à parede de fundo (MT-38-2).

Embora, seja mais eficaz na retenção de ricochetes, através da cobertura superior e da pala, mais alta e próxima das origens de tiro, a sua manutenção exige mais recursos, devido à dificuldade que encerra o seu expurgo[15], tornando-a maior fonte de chumbo. Porém,

[15] Remoção de uma porção de solo do espaldão para tratamento e remoção de projécteis (ver 4.3.1.1 e 4.3.1.3).

ambientalmente, pode funcionar como câmara estanque à contaminação de solos e aquíferos, em melhores condições de resistência à erosão, uma vez que o espaldão se encontra protegido das águas pluviais.

O MT-38-2 apresenta ainda exemplos de dispositivos de detenção, deflexão e recolha de projécteis. Estes são descritos em maior detalhe em 5.2.1, uma vez que a sua utilização é mais frequente em CT interiores.

4.1.1.2 DIAFRAGMAS[16]

Como se viu, em CT com distâncias de tiro superiores a 25 m, os valores da altura do espaldão frontal, ou da câmara pára-balas, tornam-se muito elevados exigindo o seu enquadramento com outras soluções que garantam o desenfiamento vertical superior. Os muros diafragma destinam-se a interceptar os projécteis que sofram desvios nas mesmas condições de tiro definidas para o dispositivo pára-balas frontal, completando o papel deste.

São paredes verticais, com um vão aberto a toda a largura do leito da CT. O conceito que lhes é subjacente é uma regra *no blue sky gap* (MIL-HBDK-1027/3B; NRA, 2004; ETL 06-11): são dispostos de forma tal que o atirador, da plataforma de tiro, independentemente da posição de tiro, não consegue ver qualquer *blue sky gap*, ou seja, só consegue ver o espaldão frontal e os diafragmas. Por outras palavras, são dispositivos colocados a toda a largura do leito da CT, entre a plataforma de tiro e o espaldão, de forma a interceptar as trajectórias altas (definidas pelo feixe de trajectórias), e a que a trajectória que a rase inferiormente seja absorvida pelo espaldão.

Os diafragmas são constituídos à semelhança dos elementos da câmara pára-balas. A estrutura é em betão armado revestida a madeira ou borracha, com caixa de ar entre o betão e o material de revestimento. Podem ser ainda utilizadas outras conjugações de materiais, com contraplacado, ou polímeros de alta resistência, bem como reforço com chapa de aço (NRA, 2004). Fundamental será garantir que os diafragmas sejam impenetráveis para os calibres utilizados, não produzam ricochetes, e será também muito importante que sejam relativamente *ligeiros*, em termos de manutenção, sendo de ressalvar que as madeiras utilizadas para revestimento se encontram no exterior, expostas a ciclos de molhagem e secagem, devido a

[16] Segundo o RAD-38-1 e MT-38-2, designam-se por muros diafragma. A opção de designá-los apenas por diafragmas surge da necessidade de normalizar os termos para as CT exteriores e interiores, concordantes com as designações encontradas nas publicações consultadas. Na língua inglesa, o termo genérico utilizado para designar este tipo de dispositivos é *safety baffle*. De uma forma geral, o termo *baffle* define uma estrutura utilizada para impedir o movimento ou fluxo de algo numa determinada direcção. Traduz-se na deflexão dos projécteis, restringindo-os a uma determinada área, inferior aquela que seria originada caso este dispositivo não existisse. Nas publicações norte americanas surgem frequentemente os termos *overhead baffle* e *ground baffle*, podendo considerar-se que se tratam de estruturas com funções equivalentes ao muro diafragma pára-balas e través, respectivamente. O termo *baffle* surge também, no âmbito do condicionamento acústico, como barreira acústica, *sound baffle*.

períodos de chuva e de sol característicos das estações do ano. Aconselha-se sempre que a conjugação de materiais a utilizar seja testada.

Este tipo de dispositivos revela grande eficácia face aos tiros normais e tiros errados. Porém face ao ricochete, o princípio subliminar é garantir que, se este ocorrer, poderá sair dos limites da zona de tiro, embora que com a sua energia muito reduzida (terá que penetrar a madeira, ricochetear no betão ou chapa de aço e voltar a penetrar a madeira) e irá atingir o solo nas imediações da CT. Esta situação conduz à redução da zona perigosa. Uma forma de reduzir ainda mais a zona perigosa será a disposição de diafragmas não verticalmente, mas com uma inclinação de 25° descendente da plataforma de tiro para o espaldão (NRA, 2004; ETL 06-11) (Figura 4.2), e sobrepondo-os no plano horizontal cerca de 15 cm (ETL 06-11). Desta forma, o ricochete será sempre conduzido para o chão do leito da CT, e nunca para cima ou para trás, como poderia ocorrer com o muro diafragma vertical.

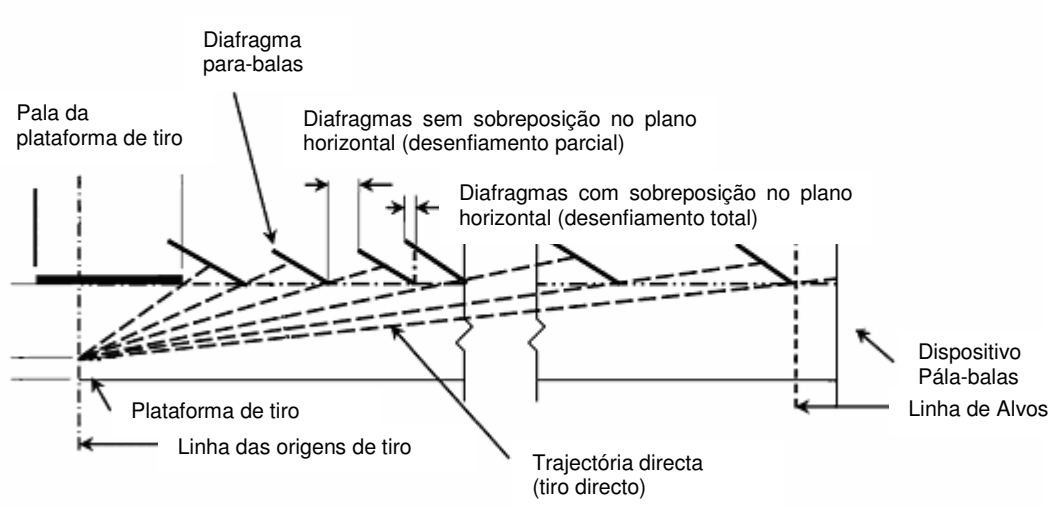


Figura 4.2 - Desenfiamento através de diafragmas pára-balas inclinados a 25° com e sem sobreposição no plano horizontal. (Referência: ETL 06-11)

Este tipo de diafragma inclinado poderá tornar-se mais dispendioso, devido à complexidade que acarreta a sua estrutura em betão armado, quando comparada com o muro vertical. Por isso, nestes casos é mais comum utilizarem-se diafragmas em chapa de aço revestidos a madeira, com caixa de ar. Esta pode ainda ser preenchida por materiais que aumentem o atrito à penetração do projéctil, como pó de pedra, brita ou borracha granular. Tornam-se mais ligeiros, sendo suportados por perfis metálicos devidamente protegidos contra os tiros directos ou ricochetes (NRA, 2004; ETL 06-11).

O seu dimensionamento dependerá das origens de tiro e das modalidades de tiro previstas para essa infra-estrutura. Deve ocupar toda a largura da zona de tiro, estendendo-se até aos espaldões ou muros laterais. Idealmente deverá ser apenas de um vão. A existência de mais do que um vão implicará igualmente a existência de pilares intermédios, que podem dar origem

a ricochetes. Geralmente, em vãos que o exijam, os diafragmas em betão armado são suportados por estruturas mistas, aço-betão, garantindo que não existem pilares intermédios.

4.1.1.3 TRAVESES – DIAFRAGMAS INFERIORES

O desenfiamento vertical inferior é sempre garantido pelo leito da CT, em geral solo. Porém, existe igualmente probabilidade de ocorrência de ricochetes, devido ao reduzido ângulo existente entre uma trajectória de um tiro directo cujo impacto ocorra no chão, e o próprio chão – as trajectórias perpendiculares são mais favoráveis à penetração.

Os traveses são dispositivos que, à semelhança dos diafragmas, são dispostos de forma tal que o atirador da plataforma de tiro, independentemente da posição de tiro, não consegue ver o chão da CT. Poderia falar-se, analogamente, de uma regra *no ground gap*. Pretende-se que o través absorva os tiros errados disparados para o chão, impedindo a ocorrência de ricochetes. São dispostos transversalmente ao eixo da CT.

A sua constituição poderá ser semelhante aos diafragmas, embora, pelo facto de se encontrar junto ao solo, leve, frequentemente, à utilização do próprio solo para formar pequenos espaldões, eventualmente, utilizando pneus velhos no seu núcleo (MT-38-2). Estes serão sempre revestidos por terra vegetal, solta e isenta de pedras ou outros corpos duros. Neste caso deverá a superfície que enfrenta os impactos fazer um ângulo com a horizontal o mais próximo possível dos 90°. O ideal seria efectivamente perpendicular. Pode ser conseguido, segundo a NRA (2004), através da conjugação do espaldão com uma superfície vertical de madeira ou contraplacado com face dupla e caixa de ar preenchida com solo, pó de pedra ou outra mistura que absorva a energia dos projécteis, voltada aos impactos (Figura 4.3).

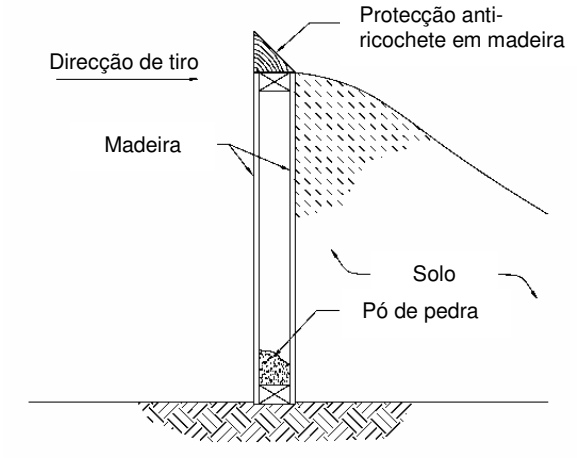


Figura 4.3 - Secção de diafragma inferior mista (Referência: NRA, 2004)

Podem ainda ser utilizados dispositivos projectados para o efeito, em chapa de aço, inclinada em sentido descendente da plataforma de tiro para o espaldão frontal, cujo efeito seja provocar

um ricochete direccionado ao solo, cujo novo ângulo de incidência será mais favorável à penetração neste (NRA, 2004).

Analogamente aos diafragmas, podem combinar-se vários materiais, desde que se faça garantir que da sua combinação resultam dispositivos impenetráveis para os calibres utilizados, não produzam ricochetes, e, de preferência, sejam relativamente "ligeiros", em termos de manutenção. Aconselha-se que a conjugação de materiais a utilizar seja testada.

O seu dimensionamento dependerá das origens de tiro da CT, e das modalidades de tiro previstas para essa infra-estrutura. Deverá ocupar toda a largura da zona de tiro, estendendo-se até aos espaldões ou muros laterais. A sua implantação no terreno poderá fazer-se coincidir com a posição dos muros diafragma se daí advier uma redução nos custos.

4.1.1.4 ESPALDÕES E MUROS LATERAIS

Os espaldões e os muros laterais são os principais dispositivos de desenfiamento lateral. Consistem em estruturas de terra ou muros num ou nos dois flancos do leito da CT. A disciplina e controlo de fogo deverão garantir que as trajectórias dos tiros normais e errados sejam incidentes no espaldão frontal, evitando que existam disparos cuja trajectória directa incida nos espaldões ou muros laterais. Porém, a possibilidade de ocorrência de ricochetes e de tiros fortuitos poderá exigir dispositivos laterais pára-balas e anti-ricochete. A sua correcta disposição, aliada aos restantes dispositivos, permite grande redução das ZP. Este tipo de dispositivo reveste-se ainda de especial importância em CT exteriores que tenham outras IT adjacentes, nas quais as origens de tiro se encontrem a distâncias inferiores, e em CT interiores.

Devem ser dispostos ao longo de toda a zona de tiro, afastados cerca de 1,5 m dos limites laterais da plataforma de tiro, estendendo-se desde o espaldão frontal até cerca de 1 m à retaguarda da plataforma de tiro (ETL 06-11). Podem considerar-se dois tipos: longitudinal e transversal ou perpendicular. Os dispositivos longitudinais consistem geralmente num espaldão ou muro contínuo, embora também possam tomar a forma de troços parciais. Os transversais ou perpendiculares são troços parciais, dispostos de forma a que não existam trajectórias directas que possam sair dos limites da CT (analogamente poder-se-á sugerir uma *no side gap rule*).

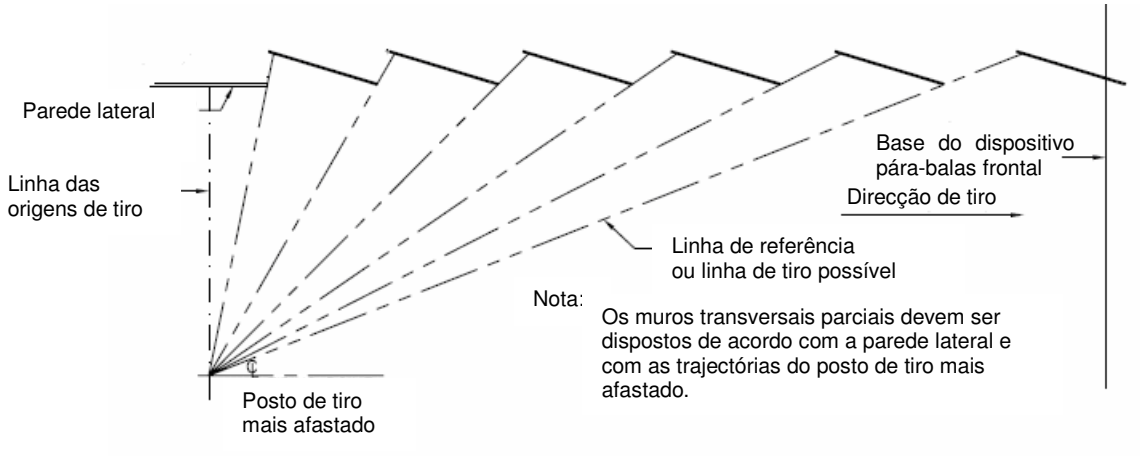

Parede lateral
Linha das origens de tiro
Base do dispositivo pára-balas frontal
Direcção de tiro
Linha de referência ou linha de tiro possível
Nota:
Os muros transversais parciais devem ser dispostos de acordo com a parede lateral e com as trajectórias do posto de tiro mais afastado.
Posto de tiro mais afastado

Figura 4.4 - Regra *no side gap* (Referência: NRA, 2004)

A sua posição face ao eixo da CT poderá variar entre os 90° e os troços longitudinais (0°). O objectivo será procurar as trajectórias perpendiculares, podendo formar ângulos entre os 15° e os 45° com as trajectórias de tiros directos (ETL 06-11) (Figura 4.4), de forma a reduzir eficazmente a possibilidade de formação de ricochetes. Quando utilizados, os muros laterais transversais ou perpendiculares devem sobrepor-se segundo o plano longitudinal, à semelhança dos diafragmas, cerca de 15 cm (ETL 06-11).

A sua constituição vai depender do tipo de dispositivo. Podem ser constituídos por espaldões de solo, painéis de betão armado pré-fabricados ou betonados *in situ*, alvenarias[17], madeira, ou combinações de todos estes (NRA, 2004). Geralmente, em CT cujo espaldão frontal é do tipo espaldão convencional, os espaldões laterais obedecem às mesmas regras desse, sendo constituídos à sua semelhança, e normalmente são contínuos longitudinalmente. A sua altura[18] será sempre no mínimo a do espaldão frontal, junto deste, existindo a possibilidade de esta diminuir no sentido da plataforma de tiro. Nos troços parciais, quer longitudinais quer transversais, as soluções são conceptualmente semelhantes aos diafragmas e traveses. As suas alturas deverão ser a do maior diafragma (ETL 06-11). Não será demais reforçar que, à semelhança desses, podem combinar-se vários materiais, desde que se faça garantir que os muros laterais sejam impenetráveis aos calibres utilizados, não produzam ricochetes, e, de preferência, sejam "ligeiros", em termos de manutenção. Aconselha-se que a conjugação de materiais a utilizar seja testada.

[17] A solução de parede de alvenaria poderá ser utilizada, embora os custos associados à sua durabilidade e manutenção, e a exigência na concepção das suas fundações, a tornem uma solução pouco aconselhada por NRA (2004), não sendo sequer considerada pelo RAD-38-1 nem pelo MT-38-2. Além dos custos associados à sua construção, a sua impenetrabilidade teria ainda que ser garantida por revestimentos específicos para o efeito.
[18] A altura dos espaldões ou muros laterais não deverá ser nunca inferior a 2,5 m (8 pés) (NRA, 2004).

4.1.1.5 OUTROS DISPOSITIVOS DE DESENFIAMENTO

O RAD-38-1 e o MT-38-2 sugerem outros dispositivos de desenfiamento, com aplicações particulares, mas cujo princípio subjacente é o mesmo dos dispositivos apresentados, como é o caso dos espaldões intermédios, degraus, cordões, paradorso dos abrigos para marcadores de alvos, que se constituem em várias formas diferentes de obter o efeito dos traveses e diafragmas inferiores, limitadores de pontarias, palas, e cortaduras. Destes destacam-se as cortaduras e as palas, por poderem acrescentar conceitos complementares.

As palas são dispositivos de desenfiamento vertical superior. Consistem em coberturas planas, colocadas por cima do espaldão, inclinadas à semelhança da laje de cobertura da câmara pára-balas, cujo propósito é aumentar o ângulo de desenfiamento vertical, fundamentalmente para reter ricochetes, quando o declive do espaldão é inferior a cerca de 30°. Devem ser colocados perpendicularmente à face inclinada do espaldão, estendendo-se a toda a largura da zona de tiro. A sua constituição deve ser semelhante à dos diafragmas.

As cortaduras são dispositivos de desenfiamento vertical inferior, e consistem em cortes, em diedro, feitos em leito horizontal e transversalmente ao eixo da CT, devendo a face que enfrenta os impactos ter um declive de 1:1. À semelhança dos traveses e espaldão frontal, a sua camada superficial deve ser constituída por terra solta, isenta de pedras, com cerca de 0,50 m de espessura. A face oposta deve ter o declive necessário para impossibilitar a formação de ricochetes (RAD-38-1).

O princípio subjacente é interessante, na medida em que permite reduzir a área de chão existente, aumentando a área de absorção de projécteis, se se puder designá-la desta forma, reduzindo a área que possibilita a formação de ricochetes.

Outro tipo de dispositivo de desenfiamento vertical superior poderá ser a cobertura da plataforma de tiro. Esta poderá ter um papel fundamental no desenfiamento global da CT. O seu prolongamento horizontal para a frente da plataforma de tiro permite eliminar o ângulo de tiro directo que existe entre a plataforma de tiro e o primeiro diafragma (Figura 4.5). Este efeito poderá ser igualmente garantido pela disposição de um diafragma ou de uma pala horizontal[19], impenetrável e anti-ricochete, à semelhança da pala da câmara pára-balas. O princípio subjacente a este dispositivo é o mesmo dos diafragmas pára-balas (ver 4.1.1.2). Deve ser prolongado no mínimo até 1 m para trás da plataforma de tiro e pelo menos 4 m para a frente (ETL 06-11).

[19] O termo original para este tipo de dispositivo é *canopy baffle*.

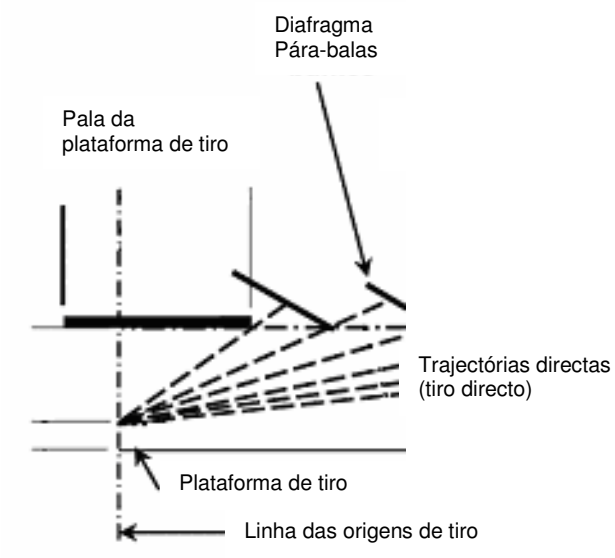


Figura 4.5 - Pala da plataforma de tiro (Referência: ETL 06-11)

4.1.2 PLATAFORMA DE TIRO

A plataforma de tiro garante as condições adequadas ao atirador para efectuar o tiro e a todo o pessoal cuja presença seja necessária no interior da CT, no desempenho das suas funções. Poderá ser coberta, devendo ser totalmente aberta, de forma a permitir a livre circulação de ar (se for fechada, deverá dispor de mecanismos de ventilação que garantam concentrações de chumbo no ar, pelo menos, inferiores ao estabelecido na lei). A sua cobertura visa melhorar as condições de conforto do atirador.

Além dessa função, a plataforma de tiro poderá desempenhar um papel activo no desenfiamento vertical inferior. Caso tal se verifique necessário, de acordo com o RAD-38-1, a plataforma de tiro poderá ser elevada em relação ao leito da CT, aumentando a altura da boca de arma, e reduzindo a possibilidade de ocorrência de trajectórias direccionadas ao leito, afastando o feixe de trajectórias deste. Esta concepção exigirá a definição do espaldão frontal tendo em conta esta elevação. Ainda de acordo com o mesmo regulamento, em casos especiais, em que o perfil do leito da CT seja ascendente, poderá ficar instalada em edifício de modo a permitir que as linhas de tiro fiquem sensivelmente horizontais.

As suas dimensões dependem da largura da zona de tiro, da modalidade de tiro e do tipo de armamento utilizado (ver 2.2.1 e 3.1.1). A profundidade mínima será a necessária ao atirador e o seu equipamento, a um júri e/ou um treinador (NRA, 2004), correspondendo a cerca de 4 m (ETL 06-11). Devem ainda ser garantidas as condições necessárias à execução de tiro por atiradores postados no solo ou em banquetas, em quaisquer das posições de tiro, deitado, de joelhos, sentado e de pé (RAD-38-1). A largura mínima dos postos de tiro deve ser da ordem dos 1,5 m (ETL 06-11). Poderão ainda ser utilizadas divisórias, separando cada posto de tiro

(ver 5.5.3). A elevação da plataforma de tiro é definida segundo o MT-38-2, tendo em conta a cota das origens de tiro.

O chão da plataforma de tiro pode ser de diversos materiais, ou conjugação de materiais, entre esses, solo, vegetação rasteira, madeira, betão, ou asfalto, sendo que a sua selecção deverá ser efectuada de acordo com as seguintes características: baixa reflexão sonora (elevada absorção), boa drenagem e conforto para atiradores deitados, quando não existirem banquetas. De forma a garantir uma melhor drenagem, deverá ser suavemente inclinada no sentido descendente da frente para a retaguarda.

A sua cobertura garante a possibilidade de desenvolver actividades de tiro sob condições atmosféricas menos favoráveis. Os materiais utilizados são muito variados, desde madeira, betão armado, aço, e polímeros. A escolha dos materiais dependerá do tipo de cobertura adoptada, do tipo de estrutura que a sustentará e das condições climatéricas do local.

As coberturas de uma ou duas águas são ideais pela sua simplicidade. A sua inclinação depende das condições climatéricas locais, sendo que, em locais cuja queda de neve seja frequente as dimensões da estrutura devem ter em conta esse carregamento, sendo nestes casos preferíveis coberturas de duas águas. O escoamento das águas pluviais deve ser igualmente garantido, através de um adequado sistema de algerozes e tubos de queda, evitando que aquelas dificultem a visibilidade ao atirador.

A existência de uma pala horizontal frontal ou prolongamento da cobertura poderá ainda traduzir-se num valor acrescescentado da plataforma de tiro para o desenfiamento vertical da CT, como evidenciado no ponto anterior.

4.1.2.1 CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

A plataforma de tiro é, como se viu, o local da CT onde se encontra a fonte de ruído. Dessa forma, a configuração e o condicionamento acústico desta têm um papel importante no que respeita ao controlo do ruído.

Quanto à sua configuração, a plataforma de tiro poderá ter as mais diversas formas, desde que garanta todos os requisitos definidos no ponto anterior. Será no entanto benéfico que essa configuração disponha da menor área de superfície reflectivas possível. Essas devem ser revestidas, sempre que possível, por materiais de absorção acústica (ver 5.3.1 para selecção de materiais acústicos). Dessa forma, não se aconselha que sejam fechadas, nem que disponham de paredes anteriores à linha de tiro, a não ser que seja economicamente viável revesti-las totalmente por material absorvente.

Igualmente, a forma da cobertura deve seguir esse princípio, sendo aconselhável a cobertura de uma só água (a cobertura de duas águas traduzir-se-ia num efeito de reforço do campo

sonoro por convergência das ondas sonoras, ver Figura 4.6). Esta deve ter uma altura entre 2 e os 4 m (NRA, 2004), e ser igualmente revestida com materiais acústicos, com especial atenção para a atenuação das baixas frequências (devido aos seus comprimentos de onda, que podem ser da mesma ordem de grandeza dos elementos estruturais). Podem sugerir-se materiais flexíveis, cobertos no seu interior por material poroso, afastados da superfície rígida da cobertura em suspensão (NRA, 2004).

Embora a disposição de materiais acústicos não contribua directamente para o isolamento sonoro (ver 5.3), a redução imediata dos níveis sonoros produzidos será favorável à diminuição dos níveis sonoros transmitidos para o exterior da CT.

Poderão existir CT com múltiplas plataformas de tiro, ou seja, com plataformas de tiro a diferentes distâncias da linha de alvos. Normalmente ocorre em CT com linhas de alvos fixas. Neste tipo de CT, só a plataforma de tiro da maior distância costuma ser coberta e as restantes, são assinaladas no leito por uma marcação. Este tipo de concepção não favorece o desenfiamento, nem o condicionamento acústico da CT.

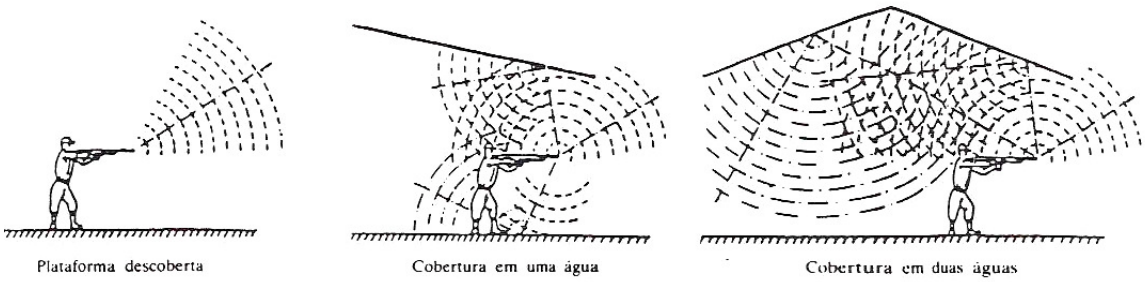


Figura 4.6 - Influência do modelo da cobertura da plataforma de tiro quanto à reflexão das ondas sonoras (Referência: MT-38-2)

4.1.3 LEITO DA CT

O chão do leito, à semelhança de todas as superfícies que enfrentam impactos de projécteis, deve ser constituído por uma camada superficial de terra vegetal isenta de pedras ou outros corpos duros, que facilitem a formação de ricochetes. O cultivo do leito com vegetação adequada poderá diminuir a possibilidade de formação de ricochetes, aumentar a absorção acústica da CT e diminuir os efeitos da erosão.

As suas dimensões dependem das dimensões da plataforma de tiro (número de linhas de tiro) e da distância máxima de tiro entre a plataforma de tiro e a linha de alvos.

Idealmente, a sua superfície deverá ser aproximadamente nivelada, com as inclinações mínimas que garantam eficiente escoamento de águas pluviais. Inclinações de 2% em direcção aos alvos e de 3% do eixo para os flancos serão suficientes (NRA, 2004). Em locais em que a pluviosidade tenha níveis de intensidade muito elevados, podem ter que ser concebidos

sistemas de drenagem capazes. Em casos particulares, cujas condições do terreno não permitam a construção de um leito nivelado, poderá ser ascendente ou descendente. Nestes casos os dispositivos de desenfiamento e restantes disposições construtivas devem acautelar as questões fundamentais inerentes à função do leito quanto à segurança: desenfiamento vertical inferior e prevenção de formação de ricochetes.

4.1.4 LINHA DE ALVOS E ABRIGO DE MARCADORES

A linha de alvos é normalmente montada perpendicularmente ao eixo da CT, à distância específica da plataforma de tiro, onde os alvos são dispostos contiguamente. A distância da plataforma de tiro à linha de alvos deve ser a mesma para todas as posições de tiro (ETL 06-11). As características da linha de alvos dependem do sistema de alvos adoptado (ver 4.4.1) e em determinada medida da distância máxima de tiro, uma vez que esta poderá exigir a construção de um abrigo para marcadores de alvos.

Independentemente do sistema de alvos adoptado, exige-se sempre disposição de um paradorso de protecção dos bastidores dos alvos, que pode consistir num simples través ou diafragma inferior.

A altura dos alvos deve garantir que a linha de vista do atirador não é obstruída por quaisquer elementos construtivos. O altura do centro do alvo é estabelecida pelo MT-38-2, devendo localizar-se entre os 0,15 m, correspondentes à posição de tiro deitado, e os 1,5 m, correspondentes à posição de tiro de pé, relativamente à altura da plataforma de tiro (ETL 06-11).

As linhas de alvos em CT com distâncias de tiro inferiores a 100 m normalmente permitem a instalação do sistema de alvos à cota do leito. A estas distâncias, a observação dos alvos e avaliação do tiro efectuado é possível realizar-se sem auxílio de marcadores de alvos. O paradorso de protecção do sistema de alvos exigido poderá, nestes casos, consistir simplesmente de um través.

Quando as distâncias de tiro se tornam maiores do que a que permite visualizar razoavelmente os impactos nos alvos, normalmente em distâncias de tiro iguais e superiores a 100 m, utilizam-se abrigos de marcadores de alvos (ver Figura 4.7)[20]. Estes abrigos são normalmente escavados no solo, ficando a uma cota inferior à do leito. Quando o solo ou as condições freáticas não o permitam, são construídos à superfície. A utilização de sistemas de televisão em circuito interno, que permitam a observação dos alvos da plataforma de tiro, poderá eliminar a necessidade de construir este tipo de dispositivos, devendo os custos destas duas opções ser avaliados.

[20] Esta designação é a utilizada pelo RAD-38-1 e MT-38-2, e será aqui mantida. Na língua inglesa, o termo utilizado é *pit*, *target pit* ou *target butt*.

O abrigo albergará o sistema de alvos, caracterizado nestes casos, normalmente, por mecanismos de elevação tipo guilhotina ou de correr, ou tipo *cantilever*. Deve garantir segurança a todas as tarefas que nele se desenvolvem em função da actividade de tiro, mormente, que sejam baixados, elevados e substituídos os alvos[21]. Para tal, é fundamental que os abrigos sejam concebidos de forma a estarem protegidos dos tiros directos e ricochetes. Esta exigência eleva-se com a presença dos indivíduos marcadores de alvos, à frente das origens de tiro (em planta), e com a possibilidade de formação de ricochetes nos mecanismos de elevação e porta alvos, que são normalmente metálicos.

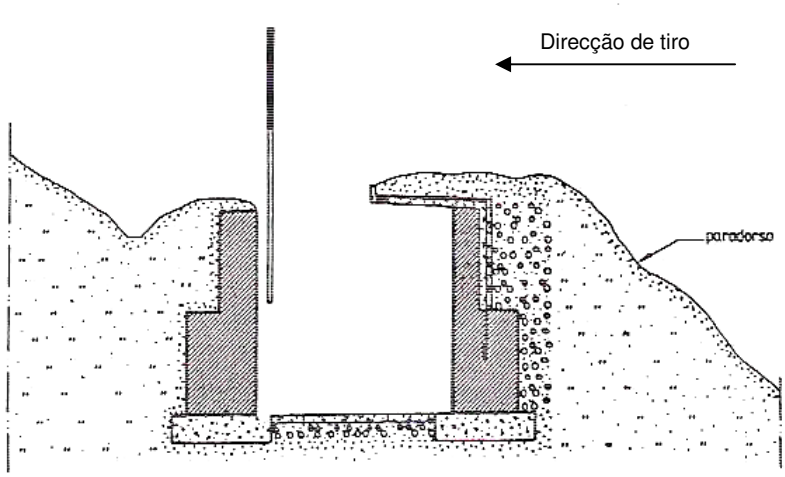


Figura 4.7 - Abrigo para marcadores dos alvos com paradorso (Referência: MT-38-2)

As suas dimensões dependem do tipo de alvo adoptado e do tipo de dispositivo de elevação utilizado. Normalmente, estende-se a toda a largura do leito, tendo a mesma largura do que a linha de alvos. A profundidade do abrigo de marcadores deverá ser no mínimo de 2 m (NRA, 2004). A sua dimensão não deverá ser maior que o estritamente necessário, tanto por questões de segurança, como por questões de economia de recursos.

Quando o abrigo for realizado em escavação, a contenção do solo exigirá frequentemente que as paredes do abrigo sejam em betão armado, embora, em casos concretos possam ser construídas por outros materiais, como madeira tratada, solipas de vias férreas ou alvenaria. A face que enfrenta o leito da CT é coberta por dispositivo de desenfiamento vertical inferior, normalmente um paradorso em terra, que deverá obedecer a todas as características apresentadas para o espaldão frontal ou para os traveses e diafragmas inferiores. O abrigo deverá ainda ser parcialmente coberto. A dimensão da cobertura deve ser tal que permita a execução das tarefas inerentes ao abrigo e a garantia de condições de iluminação natural, embora quanto maior for a área coberta, menor o "risco balístico". No mínimo, deverá ter uma

[21] Os alvos são baixados, os resultados são marcados de acordo com norma em vigor e elevados para que o atirador possa verificar a sua pontuação.

dimensão de cerca de 0,60 m em corte (NRA, 2004), de forma a garantir a cobertura de um indivíduo. Esta deve ser aproveitada para beneficiar a drenagem de águas pluviais do abrigo.

As fundações do abrigo e a drenagem de águas pluviais deverão ser estudadas cuidadosamente. A sua distância ao espaldão frontal deverá considerar o perigo de ocorrência de deslizamentos de terras para o seu interior, bem como a correcta drenagem do espaldão frontal.

Nas CT com origens de tiro fixas (ver 4.1.2), é comum existirem linhas de alvos a distâncias variáveis, permitindo a execução de tiro a distâncias inferiores à distância máxima de tiro da infra-estrutura. Em todas as linhas de alvos se devem aplicar as disposições acima referidas, incluindo o que respeita aos abrigos para marcadores de alvos, que podem ser tantos quantas as linhas de tiro.

4.2 RUÍDO

Face à metodologia apresentada em 3.2, pode-se deduzir logicamente três categorias de medidas de controlo de ruído: ao nível da fonte de ruído, ao nível do meio de transmissão e ao nível do receptor, através de medidas de protecção individual.

A intervenção ao nível da fonte de ruído pretende reduzir a amplitude das forças que originam ruído (Harris, 1991). Aplica-se essencialmente ao controlo da vibração de máquinas e outros equipamentos electro-mecânicos. Dificilmente se aplica ao tiro, podendo apenas ser considerada esta intervenção através da alteração do tipo de munições utilizadas, uma vez que os níveis sonoros provocados pelo tiro dependem essencialmente do tipo de munição, ou através da utilização sistemática de supressores de ruído (vulgarmente conhecidos por silenciadores).

Este tipo de intervenção, nomeadamente no que respeita a preparação de quadros militares, não se reveste de grande interesse, muito pelo contrário. Pretende-se que as condições em que é efectuado tiro em CT sejam o mais próximo possível das condições reais, pelo que as intervenções ao nível da fonte de ruído não se enquadrem neste contexto.

No que respeita às medidas que visam o meio de transmissão de ruído, estas pretendem reduzir a energia transmitida ao receptor. Existem diversas formas de o fazer, tendo em conta as características da propagação do ruído em CT (ver 3.2.2). Harris (1991) apresenta, entre outras, as seguintes:

- Implantação – em espaço aberto, a máxima atenuação pode ser obtida pelo aumento da distância entre a fonte de ruído e o receptor. A localização escolhida pode ainda tirar proveito do enquadramento face à orografia do terreno, procurando obter uma barreira natural entre a fonte e o receptor;

- Barreiras acústicas – A utilização de barreiras acústicas permite aproveitar obstáculos naturais e/ou criar obstáculos artificiais entre fonte e receptor de ruído. Estas funcionam fundamentalmente pela reflexão da energia acústica;
- Absorção – A utilização de materiais com características acústicas que garantam uma boa absorção nas superfícies onde incidem as ondas sonoras (tectos, chão, paredes) irá diminuir a reflexão, acelerar o decréscimo da intensidade sonora e atenuar a propagação de ruído.

Estas medidas são conjugadas entre si e referem-se a fenómenos cuja interacção é fundamental para se obter um condicionamento acústico eficaz.

As medidas protectivas no receptor são normalmente utilizadas quando os níveis de exposição individuais ao ruído são excessivos, como é o caso dos indivíduos que se encontram na zona de recepção de ruído interior da CT. Estas medidas incluem a utilização de equipamentos individuais de protecção auditiva e traduzem-se na implementação de programas de controlo da exposição e de educação para os problemas originados pelo ruído (NRA, 2004; Harris, 1991; MT-38-2). Quanto a estes últimos, não são mais do que um conjunto de medidas preventivas visando a educação para os perigos da exposição ao ruído, a avaliação da exposição ao ruído, a definição de zonas perigosas e zonas de obrigatoriedade de utilização de equipamentos de protecção individual, e a observação audiométrica dos indivíduos expostos ao risco sonoro. No que se refere ao Exército, vigora o STANAG n.º 2899.

No que respeita à segurança, a abordagem sobre a questão do ruído centra-se na zona de recepção de ruído interior, na qual os elevados níveis sonoros podem causar TTS e PTS, bem como outras reacções fisiológicas, e em que a integridade física do sistema auditivo de cada indivíduo deve ser garantida, ao abrigo dos limites legais de exposição ao ruído (ver 3.2.2).

De acordo com a metodologia apresentada, nas CT exteriores, a intervenção ao nível do meio de transmissão foca-se particularmente na concepção e condicionamento acústico das plataformas de tiro (ver 4.1.2) e, ao nível do receptor, traduz-se na da implementação do uso de equipamentos de protecção individual auditiva e de programas de controlo e monitorização dos níveis de ruído e níveis auditivos individuais.

Por outro lado, no que respeita ao impacte ambiental, a abordagem sobre a questão do ruído centra-se na zona de recepção de ruído exterior, na qual os níveis sonoros constituem poluição sonora (ver 3.2.3) e devem ser limitados consoante o estabelecido na lei (ver 3.2.2). De acordo com a metodologia de controlo de ruído, a intervenção deve passar pelo tratamento do meio de transmissão, no qual a implantação e as barreiras acústicas ganham maior relevo.

4.2.1 IMPLANTAÇÃO

A implantação de novas IT deve ser observada na dicotomia entre o afastamento necessário à atenuação do ruído, face às zonas urbanizadas, e a proximidade necessária à viabilidade económica. No meio destes dois parâmetros, surgem tecnologias que permitem aumentar a atenuação do ruído, encurtando as distâncias. Portanto, a implantação e a concepção da infra-estrutura estão relacionadas, devendo-se procurar soluções adequadas às condicionantes económicas e operacionais.

Uma vez classificadas como instalações de actividade ruidosa permanente, segundo o RGR, as CT devem ser edificadas nas zonas mistas dos mapas municipais de ruído. A inserção do ruído proveniente da CT no ruído de fundo do local de implantação deve obedecer aos limites legais dos níveis de incomodidade de acordo com o RGR (ver 3.2.2).

De acordo com a metodologia aplicável à data (1989), o MT-38-2, sugere, partindo do pressuposto que são dispostas barreiras acústicas na retaguarda e flancos da plataforma de tiro, que sejam tomadas como distâncias de referência ao correspondente às zonas sensíveis e zonas mistas, 800 e 500 m, respectivamente. Se não existir qualquer dispositivo de condicionamento acústico, poderão surgir reclamações sobre a incomodidade do ruído até distâncias de cerca de 1000 m (NRA, 2004).

Deve-se também procurar tirar proveito da orografia e da vegetação. Zonas densamente arborizadas ou depressões podem traduzir-se em barreiras acústicas naturais, cujo efeito beneficia a deflexão das ondas sonoras (ver 4.2.2).

A implantação de uma IT é obrigatoriamente alvo de estudos prévios e avaliação de impacte ambiental, devendo também ser estudado o seu impacte económico, na perspectiva da comunidade e na do utilizador da CT. Quanto aos terrenos envolventes, deve ser avaliada minuciosamente a sua utilização actual, utilização futura, bem como os aspectos relativos a segurança e quaisquer outras questões ambientais [NRA, 2004; National Shooting Sports Foudation (NSSF), 1997].

4.2.2 BARREIRAS ACÚSTICAS

Por barreira acústica deve compreender-se qualquer obstáculo, natural ou artificial, que bloqueie a linha de vista entre a fonte de ruído e a zona de recepção, e cujo efeito é alterar as características da propagação do campo sonoro emitido (Harris, 1991; NRA, 2004). As barreiras acústicas atenuam fundamentalmente as elevadas frequências, e os níveis de atenuação esperados para qualquer barreira acústica são da ordem dos 15 dB (MT-38-2; Harris, 1991). A atenuação devida à inserção de uma barreira acústica deve ser avaliada para cada banda de oitava de frequência.

As barreiras acústicas funcionam fundamentalmente devido à reflexão da onda sonora, criando uma zona de sombra acústica (ver Figura 4.8). Funciona quase como o desenfiamento: se se garantir que o ângulo formado entre a fonte de ruído e o limite superior da barreira não incide numa zona de recepção de ruído, cria-se uma zona de sombra onde a onda sonora não se propagará (Beranek, 1971; Harris, 1991).

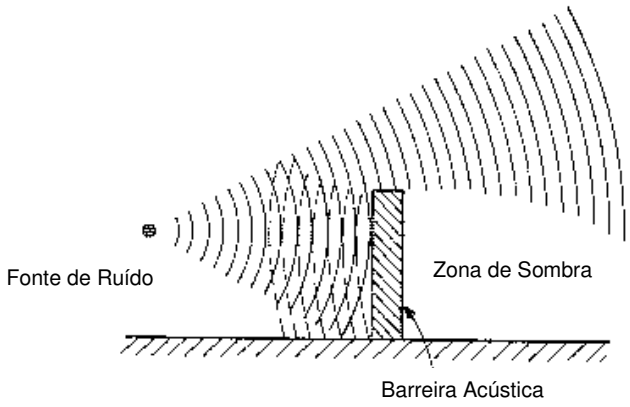


Figura 4.8 - Efeito de uma barreira acústica na propagação das ondas sonoras (Referência: Harris, 1971)

Como se pode observar na figura 4.8, a zona de sombra não corresponde exactamente ao ângulo formado pelo alinhamento da fonte com o limite superior da barreira o que se deve ao fenómeno de difracção. Este corresponde a uma flexão do sentido de propagação da onda sonora que ocorre na zona superior da barreira, bem como nas zonas laterais da barreira, na proximidade dos seus limites laterais (Beranek, 1971; Harris, 1991).

As características das barreiras acústicas que maior influência têm na atenuação do ruído são a sua espessura, altura, distância em relação à fonte e em relação ao receptor, massa e porosidade.

A sua espessura vai revelar-se importante na consideração do fenómeno de difracção. Quanto maior for, menor será a difracção da onda sonora e, consequentemente, maior a zona de sombra. Sob este prisma, as barreiras podem ser classificadas como finas (espessuras inferiores a 3 m) ou espessas (superiores a 3 m) (Harris, 1991). Exemplos da primeira serão uma parede de betão ou as barreiras utilizadas nas auto-estradas e, da segunda, pode ser exemplo um edifício ou um espaldão de terra.

A altura e as distâncias em relação à fonte e ao receptor relacionam-se com a zona de sombra, sendo que, quanto maior for o ângulo formado pela linha que une a fonte e a aresta superior da barreira e pela linha que une a aresta superior da barreira e o receptor, maior será a zona de sombra e a atenuação (Harris, 1991). Este ângulo é obtido pela conjugação da altura e das distâncias da barreira em relação à fonte e ao receptor.

Quanto maior for a sua massa e menor a porosidade, maior será a reflexão da onda sonora, (Beranek, 1971; NRA, 2004). A sua massa, porém, nunca deverá ser inferior a 20 kg/m^2 (Beranek, 1971). A atenuação provocada por barreiras acústicas pode ser determinada pelo método do número de Fresnel (Harris, 1991).

Os elementos construtivos que garantem o desenfiamento das CT exteriores podem funcionar igualmente como barreiras acústicas. Pretende-se eliminar o meio de transmissão directa entre a fonte de ruído e o receptor. Desta forma, devem estender-se os elementos de desenfiamento lateral contínuos além da plataforma de tiro até 10 m, ou a uma distância suficiente para bloquear a linha de vista com o receptor da extremidade mais afastada da plataforma de tiro, no caso de não ser disposta uma barreira na retaguarda da plataforma de tiro (NRA, 2004; MT-38-2).

O efeito do enclausuramento da CT com barreiras acústicas traduz-se no redireccionamento do ruído para o interior da CT, o que provocará o reforço do campo sonoro. Devido a este facto, devem ser utilizados materiais absorventes nas barreiras acústicas, que reduzam a reflexão sonora (CAPS, 1985; NRA, 2004), especialmente se as barreiras puderem ser dispostas na proximidade da fonte de ruído (Beranek, 1971; Harris, 1991). O cultivo de vegetação ou arbustos com folhagem densa é uma solução comum em CT exteriores com espaldões de terra (MT-38-2; NRA, 2004), sendo recomendáveis espécies de folha perene (NRA, 2004). O comportamento dos diafragmas, quando utilizados como muros laterais também poderá ser eficaz, podendo ser reforçados por materiais acústicos (ver 5.3.1).

4.2.3 EQUIPAMENTOS DE PROTECÇÃO INDIVIDUAL AUDITIVA

Os equipamentos de protecção auditiva, também conhecidos como protectores de ouvidos, são dispositivos individuais usados com o propósito de reduzir os efeitos agressivos do ruído no aparelho auditivo, bem como os efeitos subjectivos desagradáveis (Harris, 1991). A sua utilização em CT, quer interior quer exterior, é aconselhada por toda a bibliografia existente sobre o assunto. Segundo o Decreto Regulamentar n.º 9/92 de 28 de Abril, a sua utilização é obrigatória sempre que a exposição pessoal diária ao ruído ultrapasse os limites impostos pelo mesmo decreto. O RAD-38-1 prevê igualmente que a sua utilização seja obrigatória em CT.

Podem-se considerar quatro tipos de equipamentos de protecção auditiva: os de inserção no canal auditivo externo (tampões), os de cobertura de todo o pavilhão auricular (protectores auriculares), os de cobertura de parte substancial da cabeça e de todo o pavilhão auricular (capacetes) e os protectores activos (art.º 1.º do Dec-Reg n.º 9/92 de 28 de Abril; Harris, 1991).

Com a utilização destes tipos de equipamentos, pretende-se obstruir o canal auditivo, atenuando os níveis sonoros que atingem o ouvido interno. Quando se utilizam estes equipamentos, porém, o som pode alcançar o ouvido interno de quatro formas diferentes:

passagens de ar, vibração do protector de ouvido, transmissão através dos materiais do protector de ouvido e condução óssea. Estes factores podem afectar a eficácia dos equipamentos de protecção auditiva, reduzindo a sua atenuação, essencialmente nas baixas frequências (Harris, 1991). Aliás, a atenuação dos equipamentos de protecção auditiva diminui geralmente com o decréscimo da frequência. Dessa forma, a redução do nível sonoro ponderado A de determinado equipamento diminui com o aumento da proporção de energia de baixa frequência no espectro (Harris, 1991).

No que respeita à protecção conferida ao ruído impulsivo, a utilização de protectores auriculares e de tampões garante um bom funcionamento para as médias e altas frequências, decrescendo à medida que a concentração de energia tem menores frequências, e à medida que aumenta o calibre das munições. A atenuação típica de um protector auricular ou de um tampão para tiro de pistola é de cerca de 30 dB e de cerca de 18 dB para espingarda. A utilização combinada de tampões e protectores auriculares pode ser feita para valores de exposição superiores a 160 dB de pico sonoro, aumentando a atenuação a impulsos de baixa frequência com elevados níveis sonoros.

Os capacetes e protectores activos são equipamentos especiais, utilizados em casos particulares, existindo dispositivos com auriculares e sistemas de comunicação como os capacetes dos pilotos militares e de helicópteros, e sistemas electrónicos que permitem a modelação da atenuação e a sua activação a diferentes frequências e níveis sonoros de ruído.

Métodos para selecção, utilização e manutenção de equipamentos de protecção auditiva podem ser encontrados no Anexo III do Dec-Reg n.º 9/92 de 28 de Abril e em Harris (1991).

4.3 EXPOSIÇÃO AO CHUMBO

Face à metodologia apresentada em 3.3, podem deduzir-se duas categorias de intervenção: ao nível da fonte de contaminação e ao nível dos elementos sujeitos à contaminação.

A intervenção ao nível da fonte de contaminação pretende reduzir as quantidades de chumbo libertadas. Deve traduzir-se essencialmente na concepção de sistemas de ventilação, adequados e na adopção de planos de manutenção de infra-estruturas (pode incluir-se nestes a selecção de dispositivos de desenfiamento e materiais adequados). Dificilmente se aplica à fonte directa da contaminação, as munições, uma vez que a substituição do chumbo das munições por outros compostos ainda não permite alternativas economicamente viáveis (NASR, 2005).

No que respeita aos elementos sujeitos à contaminação, estes dividem-se em dois: os indivíduos utilizadores das CT e os recursos naturais existentes em volta da CT. No que concerne os primeiros, a intervenção traduz-se na implementação de planos de saúde, higiene

e segurança, visando garantir o enquadramento legal sobre a exposição ao chumbo (os sistemas de ventilação têm aqui um papel igualmente fundamental). Em relação aos recursos naturais, devem ser adoptadas técnicas de intervenção específicas, ao nível da concepção das infra-estruturas.

Relativamente à segurança, a abordagem sobre a exposição ao chumbo é transversal à selecção de dispositivos de desenfiamento e respectivos planos de manutenção, ao desenvolvimento de sistemas de ventilação e de planos de saúde, higiene e segurança, no sentido de garantir a integridade física de cada indivíduo, ao abrigo das disposições legais sobre a matéria.

Por outro lado, no que respeita ao impacte ambiental, a abordagem foca-se na definição das técnicas de intervenção adequadas à minimização do impacte da CT nos recursos naturais existentes, que é igualmente transversal à selecção de dispositivos de desenfiamento e respectivos planos de manutenção.

À luz desta metodologia, nas CT exteriores, a intervenção foca-se particularmente na minimização do impacte ambiental.

4.3.1 CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS – TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO

Face ao disposto em 3.3.1, pode concluir-se, em termos abstractos, que, após o disparo de uma munição numa CT, poderão existir partículas de chumbo em todos os dispositivos integrantes dessa infra-estrutura. Pretende-se, com este facto, dar a compreender a necessidade de implementar uma lógica integrada de tratamento de chumbo, que passará pelo aprofundamento das seguintes três componentes:

- Controlo e retenção de projécteis;
- Limitação da mobilidade do chumbo;
- Remoção (expurgo) e reciclagem de projécteis (EPA, 2005).

4.3.1.1 CONTROLO E RETENÇÃO DE PROJÉCTEIS

Os dispositivos de desenfiamento, sendo um dos aspectos fundamentais da abordagem à vertente da segurança balística nas CT, são também um dos elementos que mais exposição ao chumbo gera, devido à retenção e fragmentação dos projécteis que neles incidem. Estudos sobre a distribuição de chumbo nas CT revelam que a maior concentração se encontra geralmente numa área pequena, imediatamente atrás dos alvos, no espaldão frontal ou na câmara pára-balas. Apesar dos projécteis poderem ser parados pelos espaldões e muros

laterais, a sua concentração próximo destes é baixa, quando comparada com a presente atrás dos alvos (NSSF, 1997).

Desta forma, a cuidada selecção de dispositivos de desenfiamento frontal é uma das formas mais eficazes no controlo da contaminação dos recursos naturais (EPA, 2005). Dispositivos que alojem os projécteis em terra ou areia, como os espaldões e câmaras pára-balas, ou que provoquem a sua fragmentação e dispersão, como alguns dispositivos metálicos de detenção, deflexão e recolha de balas, são os que menos se aconselham (NASR, 2005).

O princípio subjacente à escolha do dispositivo de desenfiamento, na óptica do chumbo, deve ser a capacidade de reter e recolher os projécteis, idealmente sem que estes sofram fragmentação. Um exemplo de um sistema que reúne estas característica são as cortinas de lâminas de borracha de elevada resistência (ver 5.2.1). Porém, na óptica da durabilidade, em CT exteriores, a sua sujeição às condições climatéricas é uma desvantagem muito grande e, por isso, são mais comummente utilizadas em CT interiores. Este exemplo permite demonstrar que a consideração destes factores varia de caso para caso, devendo cada CT ser abordada como um caso singular, onde não existirá uma solução, mas uma combinação de técnicas que permitirão alcançar resultados eficazes. São apresentadas algumas soluções para dispositivos de desenfiamento frontal em 4.1.1.1 e 5.2.1, cuja adopção exigirá uma análise particular no que respeita o chumbo.

4.3.1.2 LIMITAÇÃO DA MOBILIDADE DO CHUMBO

Inclui três campos de acção, segundo os quais se apresentam algumas das técnicas de intervenção que permitem controlar a mobilidade do chumbo:

- Monitorização do pH do solo – adição de carbonato de cálcio;
- Imobilização do chumbo – adição de fosfatos, adição de matéria orgânica, cultivo de vegetação absorvente[22], e utilização de solos argilosos;
- Controlo do escoamento superficial – cultivo de vegetação, colocação de material orgânico, drenagem (NSSF, 1997; EPA, 2005).

Uma das formas de impedir a migração do chumbo é impedir que se criem as condições ideais à sua activação, mantendo os níveis de pH entre os 6,5 e os 8,5 (ver 3.3.5). A adição de carbonato de cálcio em solos ácidos permitirá aumentar os níveis de pH. As quantidades necessárias podem ser definidas de acordo com EPA (2005). Quantidades excessivas poderão provocar o efeito inverso ao desejado uma vez que a mobilidade do chumbo aumenta igualmente em condições alcalinas. O adição de carbonato de cálcio poderá ser efectuada em

[22] É um processo que ainda está a ser estudado. Numa linha geral, as plantas poderão absorver chumbo dissolvido acumulando-o nas folhas. Porém, nunca poderão absorver chumbo não dissolvido, que é o problema fundamental, podendo ainda atrair fauna, como aves, aumentando a sua exposição ao chumbo. (NSSF, 1997)

todos os locais onde possa ocorrer a acumulação de partículas de chumbo, por exemplo, nas camadas superficiais de espaldões de terra, ou numa camada horizontal, na base do espaldão, cortando o efeito de dissolução da capilaridade. A sua principal desvantagem é que só é útil em solos ácidos, exige recolocação periódica e pode afectar a vegetação existente, embora exista vegetação que se dá bem com estes níveis de pH (NSSF, 1997).

A imobilização do chumbo, por outro lado, é conseguida através da adição de material que facilmente desenvolve ligações químicas fortes com o chumbo, dando origem a compostos que não são hidrossolúveis. A adição de fosfatos é uma das formas de obter esse efeito. Os fosfatos de chumbo são os compostos de chumbo mais insolúveis, formando-se rapidamente sob quase quaisquer condições. A sua adição tem a grande desvantagem de poder afectar adversamente a qualidade da água, o que leva a que seja aconselhada uma utilização regrada (NSSF, 1997).

Este efeito também pode ser obtido pela adição de matéria orgânica ou de argila. A adição de matéria orgânica tem a desvantagem de baixar os níveis de pH, podendo inverter o efeito desejado. Por outro lado, a adição de argila poderá tornar mais difícil o cultivo de vegetação para controlo de erosão, aumentando o escoamento superficial (NSSF, 1997).

O controlo do escoamento superficial pretende diminuir a erosão e limitar o transporte de partículas de chumbo para os recursos hídricos. Pode ser conseguido através do cultivo de vegetação ou da colocação de camadas de material orgânico (RAD-38-1; NSSF, 1997; EPA, 2005), de forma a reduzir as velocidades de escoamento aumentando a taxa de infiltração no solo. As raízes criadas pela vegetação reforçam ainda a própria estrutura do solo, contribuindo ainda mais para a diminuição da erosão. A desvantagem desta técnica é a possibilidade de aumentar o período de contacto entre o chumbo e a água, ao reduzir a velocidade de escoamento, aumentando a possibilidade de ocorrer dissolução.

Outras formas de controlar o escoamento superficial traduzem-se na concepção de sistemas de drenagem convencionais, nos espaldões, à semelhança dos que são encontrados nos taludes das auto-estradas, nomeadamente, a drenagem no topo e a meia altura dos espaldões, permitirá reduzir o escoamento superficial sobre as superfícies inclinadas dos espaldões (ETL 06-11).

Nos locais onde a precipitação é mais elevada, será necessário recorrer a sistemas de drenagem mais desenvolvidos, os quais podem incluir drenos, lagos de retenção, entre outros. A utilização de drenos, por exemplo, pode aplicar-se na base do espaldão frontal, recolhendo a água que escoa sobre a sua superfície, conduzindo-a para sistemas de filtragem e elevação de pH (EPA, 2005). A descarga das águas provenientes das CT deve ser feita de acordo com os parâmetros legais existentes (ETL 06-11).

4.3.1.3 EXPURGO E RECICLAGEM DE PROJÉCTEIS

O expurgo e a reciclagem são processos distintos. O expurgo consiste em arar o solo da superfície do espaldão frontal, geralmente até a um metro de profundidade, e peneirar todo o volume de solo escavado. (ETL 06-11). Este processo poderá ser realizado manualmente, e com o recurso a máquinas de movimentação de terras, ou através de dispositivos mecânicos desenvolvidos especificamente para o efeito. Os indivíduos envolvidos no expurgo de espaldões ou outros dispositivos de desenfiamento devem estar protegidos da exposição ao chumbo por equipamentos adequados[23].

A frequência com que deve ser realizado o expurgo depende do número de disparos efectuados, pH do solo, precipitação, tipo de solo e profundidade do aquíferos. No mínimo deverá ocorrer uma operação de expurgo com a frequência de entre 1 a 5 anos (EPA, 2005).

A reciclagem implica o transporte dos projécteis para locais onde são reprocessados.

4.4 EQUIPAMENTOS GERAIS

4.4.1 SISTEMAS DE ALVOS

Não existem regras particulares no que respeita ao tipo de sistema de alvos a implementar nas CT exteriores. A decisão sobre este aspecto dirá sempre respeito ao projectista, sendo que este deve ter em elevada consideração qual o tipo de utilização a que se destina a CT, e qual o sistema de alvos que melhor se adapta a esse tipo de utilização.

É sabido, a título ilustrativo, que as CT destinadas às forças de segurança exigem normalmente alvos móveis e alvos fixos tombantes e giratórios; as CT para tiro desportivo exigem alvos fixos tombantes e giratórios e alvos em suporte físico durável, para arquivamento e validação em termos competitivos; as CT destinadas a tiro militar costumam utilizar alvos fixos de caixilho e tombantes. Pretende-se com isto demonstrar a diversidade de possibilidades em que reside a definição do sistema de alvos, destacando os tipos de utilização mais frequentes.

Comummente, nas CT exteriores do Exército, observa-se a presença de dois tipos de sistemas de alvos: em CT de 25 a 50 m, alvos fixos de painel encaixilhados, com bastidores em madeira e suportados por uma calha metálica; em CT com distâncias superiores a 50 m, alvos fixos de painel encaixilhados, com bastidores em madeira suportados por dispositivos de elevação em abrigo de marcadores de alvos.

[23] O Dec-Lei n.º 274/89, de 21 de Agosto de 1989 e o 29 CFR 1910.1025 Lead definem o tipo de protecção individual que deverá ser utilizada.

As distâncias são aqui o factor fundamental, uma vez que a mais de 50 metros se torna impossível verificar os resultados do tiro por observação directa, e o próprio deslocamento dos atiradores aos alvos, a evitar sempre que possível, torna-se cada vez menos praticável à medida que a distância aumenta. Desta forma, qualquer solução que permita resolver eficientemente este problema pode ser equacionada e comparada, no sentido da optimização dos recursos.

Uma das soluções para esta questão reside nos sistemas de televisão em circuito interno que permitem ao atirador e ao instrutor/controlador do tiro verificarem em tempo real os resultados dos disparos efectuados através de um monitor individual na plataforma de tiro. Outro sistema será o marcador electrónico de impactos. A utilização destes sistemas em CT exteriores, que são sujeitas às condições atmosféricas, exige a impermeabilização deste tipo de dispositivos pelo que a sua utilização não é frequente.

4.5 CASO DE ESTUDO – CT EXTERIOR DE 50 M

4.5.1 DESCRIÇÃO SUMÁRIA

4.5.1.1 NOTA HISTÓRICA

Em 1946/48, foi construído em Sintra, no aquartelamento do actual Centro de Tropas Comandos (antigo Regimento de Infantaria nº 1), na Serra da Carregueira, um complexo de CTs para responder às necessidades da instrução de tiro das Unidades da Guarnição Militar de Lisboa, uma vez que a CT de 600 m que a servia, sita em Pedrouços (zona ocidental da cidade) desde 1891, havia sido extinta, face à necessidade de expansão da cidade de Lisboa (Nogueira, 1999).

Actualmente, constitui-se por um campo de lançamento de granadas de mão e seis CTs, nas quais se insere a CT de pistola de 50 m (nº 5), construída em 1946/48. Encontra-se ainda em actividade, tendo sido construído entretanto, em 1973, um diafragma pára-balas superior.

4.5.1.2 INFRA-ESTRUTURAS

Orientada segundo o eixo SO-NE, a CT tem 50 m de comprimento e 24 m de largura. Dispõe dos seguintes elementos:

- Espaldão frontal artificial com cerca de 8 m de altura, inclinação de cerca de 45°, coberto com vegetação ligeira;
- Muros laterais em ambos os flancos, com alturas de cerca de 5 m, em betão armado revestido a madeira tratada, com caixa de ar entre os dois materiais;

- Um diafragma pára-balas transversal, a 10 m da plataforma de tiro, estendido a toda a largura do leito, com um pilar intermédio ao centro e altura igual à dos muros laterais. Secção em betão armado revestida a madeira tratada, com caixa de ar entre os dois materiais;
- Dois traveses, a 10 e 22 m da plataforma de tiro (o primeiro alinhado verticalmente com o diafragma), cobertos com vegetação ligeira, embora em menor densidade do que no espaldão frontal. Permitem simultaneamente desenfiar o leito, os abrigos dos marcadores dos alvos, e o sistema de alvos;
- Leito constituído por terra vegetal, coberto por vegetação ligeira, em igual densidade à que cobre os traveses;
- Plataforma de tiro fixa, coberta e fechada, com 19 m de frente, 5 m de profundidade e cerca de 4 m de altura. Consiste de uma plataforma com pavimento em betão e paredes de alvenaria. A sua parede anterior dispõe de vários vãos de janela envidraçados. As paredes dos topos dispõem de quatro portas, três dessas envidraçadas, duas no topo SE e uma no topo NO. A quarta liga a plataforma de tiro ao túnel de acesso aos abrigos dos marcadores dos alvos. A face voltada aos alvos dispõe de 16 postos de tiro, separados por paredes divisórias de alvenaria. A cobertura é de duas águas, constituída por painéis ondulados de fibrocimento e suportada por estrutura metálica. Todas as paredes são pintadas. Não dispõe de tecto, sendo o arejamento da plataforma de tiro garantido pelas aberturas existentes nas empenas (Figura 4.9);

Figura 4.9 - Fotografia da cobertura da plataforma de tiro, vista do interior. Permite também observar as paredes divisórias dos postos de tiro, as portas do topo SE, a forma como é efectuada a ventilação e iluminação da plataforma de tiro.

- Pala horizontal em betão armado, prolongada em direcção aos alvos sobre os postos de tiro, que visa interceptar as trajectórias altas. O seu propósito seria conferir desenfiamento vertical superior, em conjugação com o diafragma, segundo a regra *no blue sky gap*. Porém,

a sua incorrecta concepção, face à altura do diafragma, permite um ângulo de visão para o exterior, entre esses dois elementos (Figura 4.10). Além disso, como se pode observar, esta não dispõe de protecção adequada à formação de ricochetes;

Figura 4.10 - Fotografia do *gap* existente entre a pala da plataforma de tiro e o primeiro diafragma, vista de um posto de tiro. Permite ainda observar o desenfiamento conferido pelos traveses e paredes laterais, e o estado de conservação do leito.

- Três abrigos para marcadores de alvos, aos 15, 25 e 50 m, cujo acesso é garantido por um corredor subterrâneo, no flanco esquerdo. Cada abrigo dispõe de 16 elevadores de alvos do tipo guilhotina e ainda de um sistema amovível de 6 alvos de eclipse, com accionamento eléctrico (tipo "SPIETH"). Pode ser colocado e removido através de uma calha metálica, que permite a sua introdução num compartimento transversal ao leito, no flanco direito, "para dentro" do muro lateral;
- Arrecadação, no túnel de acesso aos abrigos dos marcadores dos alvos;
- Sistema de comunicação na plataforma de tiro garantido através de um megafone, não dispondo de sistema fixo de comunicação com o exterior;
- A iluminação é natural, quer no leito, quer na plataforma de tiro, nesta garantida pelos vãos envidraçados das portas e janelas, bem como pelos elementos translúcidos de revestimento da cobertura (como se pode ver na Figura 4.9).

4.5.2 ANÁLISE CRÍTICA

4.5.2.1 ANÁLISE

Embora muitas das CT exteriores existentes no Exército possuam boas condições, face à época em que foram projectadas e construídas, a sua concepção raramente se traduzia na contenção total dos projécteis, tendo sempre subjacentes o conceito de ZP. Pode afirmar-se igualmente que, embora a dimensão da ZP dependa essencialmente dos alcances das armas utilizadas, quanto maiores são as dimensões da carreira de tiro, mais dispendioso se torna o seu desenfiamento. Por isso, se verifica muitas vezes que, nas CT de 100, 200 e 300 m, as ZP são sucessivamente maiores.

Porém, estas são mais adequadas ao tiro de espingarda, arma primordial para a formação de todos os militares, e transversal a todo o Exército na sua utilização. A dissociação dessas CT das suas ZP deverá ser um aspecto cuja análise merece a maior atenção, especialmente tendo em conta o desenvolvimento dos tecidos urbanos e a necessidade de aproveitamento racional do território.

Embora incorrectamente aplicado, pode considerar-se que o princípio da CT totalmente desenfiada, se encontra presente no conceito desta CT. Senão, repare-se, pensando apenas em termos de tiros directos, que os muros laterais dispostos longitudinalmente, a todo o comprimento da CT, permitem o seu desenfiamento lateral; a conjugação do espaldão frontal, com o muro diafragma transversal e a pala horizontal da plataforma de tiro, se correctamente dimensionados, permitiriam garantir o desenfiamento vertical superior segundo uma regra *no blue sky gap*; e a disposição dos traveses junto ao solo, permite o desenfiamento do leito e sistemas de alvos, excepto no espaço anterior ao primeiro través (não foi possível verificar as condições de desenfiamento do sistema de alvos amovível).

Neste aspecto, deve ainda referir-se que a CT dispõe de plataforma de tiro fixa e múltiplas linhas de alvos, concepção que beneficia o desenfiamento, uma vez que garante as mesmas condições independentemente da distância a que se efectua tiro, ao contrário do que acontece quando a plataforma de tiro é móvel.

Ao se acrescentar a possibilidade de formação de ricochetes, é evidente que a queda de projécteis no exterior dos limites físicos da CT é possível, exigindo a existência de uma ZP, mesmo que de dimensões reduzidas. A adequada disposição de revestimentos anti-ricochete nas superfícies dos muros laterais, diafragma, pala horizontal, traveses e na faixa de leito anterior ao primeiro través permitiria uma redução ainda mais considerável da ZP, senão mesmo eliminá-la.

Tudo o que anteriormente se refere seria verdadeiro, se não fosse neste aspecto que a CT em estudo mais se encontra em défice, em face da incorrecta concepção da pala da plataforma de tiro e diafragma. Além de existirem dispositivos cuja protecção anti-ricochete é inexistente,

como a pala horizontal da plataforma de tiro, o estado de manutenção dos restantes elementos é muito pobre. Destacam-se os seguintes aspectos:

- O espaldão frontal encontra-se muito erodido na faixa à retaguarda dos alvos, não tendo vindo a ser efectuado o seu expurgo e regularização periódicos;
- As madeiras que revestem os muros laterais e o diafragma apresentam elevado nível de desgaste, devido à exposição permanente aos elementos da natureza e ao efeito dos impactos directos de projécteis, apresentando espaços vazios, planos irregulares, entre outras insuficiências;
- A terra que constitui o leito e traveses encontra-se suja com corpos duros, passíveis de facilitar a formação de ricochetes, e enrijecida pela acção do tempo e da natureza.

No que respeita ao aspecto do ruído, aparentemente são inexistentes as disposições que prevejam o seu controlo, excepção feita à obrigatoriedade de utilização de equipamento individual de protecção auditiva. Não obstante estes aspectos, podem evidenciar-se os seguintes:

- Efeito de enclausuramento provocado pelas paredes e cobertura da plataforma de tiro, que reforça o campo sonoro no seu interior, ilação que pode ser retirada mesmo na ausência de medições dos índices de ruído, uma vez que todas as superfícies são reflectoras;
- Efeito de desenfiamento visual obtido pelos muros laterais e espaldão frontal que poderão conferir um efeito de barreira acústica aceitável.

Quanto ao controlo da contaminação pelo chumbo, de igual forma, não são aparentes quaisquer disposições técnicas. São de salientar os seguintes aspectos:

- Erosão do espaldão frontal permite em grande escala o transporte de poeiras de chumbo através do escoamento superficial de águas pluviais, das quais não se encontra protegido;
- Não se verificam medidas de controlo da mobilidade do chumbo, uma vez que não é efectuado o expurgo do espaldão frontal com a frequência adequada, a drenagem das águas provenientes da CT não inclui sistemas de purificação da água e não há evidência de actividades de monitorização de pH ou fixação do chumbo, através da adição de fosfatos ou carbonato de cálcio;
- Efeito de enclausuramento da plataforma de tiro poderá vir a revelar que a ventilação natural existente não se adequa, sendo insuficiente para garantir, durante as sessões de tiro, a remoção dos gases tóxicos provenientes das detonações.

4.5.2.2 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

Face às insuficiências registadas, demonstrando a aplicação das metodologias apresentadas no presente capítulo, apresentam-se as seguintes propostas de intervenção:

- Ao nível do espaldão frontal, as suas condições poderão ser melhoradas através de manutenção da vegetação que o cobre, que permite controlar a erosão e os escoamentos superficiais, e da utilização de fixadores de chumbo, como o carbonato de cálcio ou fosfatos, que permitam diminuir a dissiminação de chumbo nos solos. Poderá ainda considerar-se a constituição de uma cobertura, que confira protecção da chuva. Acima de todas estas medidas, deverá ser efectuado o expurgo e substituição das camadas superiores de terra periodicamente. Estas medidas aumentam significativamente os encargos de manutenção das infra-estruturas pelo que a solução inevitável, a longo prazo, deverá ser a sua substituição por dispositivos de deflexão, retenção e recolha de projécteis;
- A substituição dos revestimentos dos muros laterais e do diafragma é fundamental para a contenção de ricochetes, podendo eventualmente ser considerada a alteração da solução existente, substituindo o revestimento de madeira por painéis de borracha compacta anti-ricochete, cuja absorção sonora poderá acrescentar uma mais valia para o condicionamento acústico (estes materiais são mais detalhados em 5.3.1);
- Quanto ao leito e traveses, a manutenção das condições ideais para redução de ricochetes implica manter o solo solto e livre de corpos duros. A faixa de leito anterior ao primeiro través deverá ser revestida igualmente por elementos anti-ricochete[24]. O leito deverá ainda ser tratado face à contaminação pelo chumbo, através da adição de carbonatos e fosfatos, e do cultivo de vegetação rasteira. Esta melhorará ainda o seu comportamento acústico. A substituição total do leito por pavimento de betão poderá ter interesse para o isolamento dos recursos naturais da contaminação pelo chumbo, devendo nesses casos ser desenvolvidos sistemas de drenagem capazes de encaminhar as águas provenientes das CT para tratamento adequado;
- O diafragma pára-balas, a pala da plataforma de tiro ou ambos deverão ser acrescentados na dimensão suficiente que garanta o desenfiamento vertical superior segundo a regra *no blue sky gap*, com sobreposição dos elementos. Tal poderá ser realizado através de diafragma em aço, revestido a madeira ou borracha compacta anti-ricochete;
- No que respeita a plataforma de tiro, a beneficiação acústica pode ser conseguida através do revestimento das superfícies reflectoras com materiais de absorção acústica, nomeadamente ao nível do pavimento e dos separadores dos postos de tiro. A escolha destes materiais deve ter em conta os efeitos da acumulação de poeiras de chumbo nas suas superfícies. Também a face inferior da pala deve ser revestida com material anti-ricochete;
- A ventilação da plataforma de tiro poderá ter que ser melhorada através de dispositivos mecânicos ou da abertura das paredes anterior e laterais da plataforma de tiro. Esta intervenção resultaria numa melhor ventilação, bem como num melhor comportamento

[24] Esta zona deva ser estudada particularmente, uma vez que a probabilidade de formação de ricochetes poderá ser considerada inferior aí, tendo em conta a velocidade do projéctil e o ângulo de incidência

acústico do interior da plataforma de tiro, embora, nesse caso, passe a ser necessário dispor barreiras acústicas envolvendo da plataforma de tiro, não devendo essas constituir obstáculo à ventilação. No caso de ser aberta, a cobertura da plataforma de tiro deve ser revestida por tecto falso e elementos de absorção acústica;

- O desenfiamento adequado do sistema de alvos amovíveis deve ser verificado, bem como melhoradas as condições acústicas dos abrigos dos marcadores dos alvos;
- Os sistemas de comunicação e iluminação devem ser melhorados.

CAPÍTULO 5 CT INTERIORES

5.1 DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

O carácter totalmente desenfiado das CT interiores permite que sejam construídas em edifícios dedicados exclusivamente à IT ou multifuncionais. Assim, pode depreender-se que, estruturalmente, o edifício que a alberga, pode ser abordado como um edifício comum, devendo apenas ser prestada particular atenção às cargas permanentes adicionais, que se devem aos dispositivos de desenfiamento, revestimentos, equipamentos, sistemas de ventilação, e outros, cuja contribuição possa ser considerada relevante.

Arquitectonicamente, deve constituir-se em duas zonas distintas: zona de tiro e zona de serviços. Nas CT interiores, a ZP é eliminada pela envolvente construtiva da zona de tiro e pelos dispositivos de desenfiamento.

Na zona de tiro, é comum sugerir-se que as paredes sejam em betão armado (ETL 06-11), embora possa perfeitamente ser utilizada a tradicional parede dupla de alvenaria, uma vez que o desenfiamento nunca será garantido pelos elementos construtivos. As paredes não devem ser pintadas (por razões associadas ao condicionamento acústico), devendo oferecer ao interior superfícies planas. Quaisquer saliências do plano da parede devem ser evitadas. Onde tal não for possível, devem ser protegidas por dispositivos de desenfiamento adequados (ETL 06-11).

O chão deve constituir uma superfície plana de betão, horizontal na plataforma de tiro e com uma inclinação de 2% descendente a partir desta até ao dispositivo pára-balas (NRA, 2004; ETL 06-11). À semelhança das paredes, não deve ser pintado e quaisquer saliências do seu plano, não sendo evitáveis, devem ser protegidas por dispositivos de desenfiamento adequados. Devido às técnicas de limpeza utilizadas, deve ser impermeável (ETL 06-11), podendo dispor de uma grelha de drenagem no final do declive (NRA, 2004).

O tecto tradicionalmente é em laje de betão armado ou pré-fabricado. Deve ser revestido com materiais acústicos, e em cores claras, que permitam boa reflexão luminosa, auxiliando o desempenho dos sistemas de iluminação. A altura do tecto, na plataforma de tiro (zona com menor pé direito), deve ser da ordem dos 2,4 m (NRA, 2004). Deve notar-se que esta dimensão se reflecte em dois aspectos importantes: a possibilidade de vibração dos elementos estruturais devido ao conteúdo de baixas frequências do espectro acústico da detonação (ver 3.2.1) e a influência que a altura pode traduzir em aumento da secção de cálculo do caudal do sistema de ventilação (ver 5.4.1).

As portas que existam ao longo do leito da CT devem ser protegidas por dispositivo diafragma anti-ricochete e providas de sistemas de alarme luminosos e sonoros. Todas as portas que

permitam o acesso à CT devem dispor de dispositivos eléctricos de fecho que impeçam a sua abertura durante as sessões de tiro (ETL 06-11).

5.2 SEGURANÇA: DISPOSITIVOS DE DESENFIAMENTO

A definição de desenfiamento (ver 3.1.4) encerra duas ideias principais: deter ou absorver os projécteis, impedindo que as suas trajectórias saiam do interior da CT, e impedir a ocorrência de ricochetes. Enquanto que nas CT exteriores, os dispositivos de desenfiamento são elementos definidores dos limites e da arquitectura da mesma, nas CT interiores a estrutura e arquitectura do edifício traduzem-se em elementos que não são dispositivos de desenfiamento. Embora esses garantam, relativamente, a intercepção dos projécteis, impedindo-os de atingir o exterior da CT, essa não deve ser a sua função (o elevado desgaste provocado pela absorção de impactos tornaria os elementos estruturais e arquitectónicos, dispositivos de desenfiamento pouco eficientes, além de colocar em causa a segurança estrutural do edifício).

Este facto acaba por conferir aos elementos de desenfiamento um cariz de maior importância focado na formação de ricochetes, uma vez que a área de superfícies passível de sofrer ricochetes é maior, e a envolvente pode originir inclusive, segundos e terceiros ricochetes.

Assim, o estudo do desenfiamento nas CT interiores exige uma abordagem que assente essencialmente em dois aspectos: dispositivos pára-balas, que garantam a absorção da maioria dos tiros directos; e diafragmas pára-balas anti-ricochete, que garantam a integridade de todos os elementos estruturais e arquitectónicos, como paredes e tecto, e de todos os sistemas exigidos a este tipo de infra-estruturas, como iluminação, ventilação, entre outros.

Não existem, em Portugal, ao contrário do que acontece com as CT exteriores, regulamentos e manuais técnicos que definam detalhadamente os métodos de cálculo de dispositivos de desenfiamento interiores. São várias as publicações e fabricantes de equipamentos cujas referências são de interesse para o assunto e que apresentam várias peças desenhadas, traduzindo disposições de relevo para o mesmo. É a compilação e interpretação dessas que se procura efectuar neste capítulo.

5.2.1 DISPOSITIVOS PÁRA-BALAS

A sua função é equivalente ao espaldão frontal nas CT exteriores. Designa-se de forma diferente pois geralmente o seu propósito é garantido por equipamentos especificamente concebidos para o efeito. São sistemas que deflectem, param, retêm e contêm tiros directos, podendo incorporar sistemas de remoção de projécteis, fragmentos e partículas. Pressupondo as condições normais de tiro (ver 3.1.1), o dispositivo pára-balas pretende interceptar os tiros

normais e tiros errados, e parte dos ricochetes que possam ocorrer nos restantes elementos da CT.

Pode definir-se, por analogia às CT exteriores, uma barreira artificial voltada para a plataforma de tiro, a toda a largura desta, ou mesmo da infra-estrutura. Deve ocupar toda a parede frontal à plataforma de tiro, de uma parede lateral à outra e do chão do leito até ao tecto protegendo-a dos tiros directos e dos ricochetes.

As CT interiores podem utilizar dispositivos pára-balas frontais idênticos aos das CT exteriores. A adaptação da câmara pára-balas às disposições da uma CT interior até poderia parecer uma evolução natural e, face a outros dispositivos fabricados especificamente para o propósito, ser uma solução com maior viabilidade económica, no que respeita ao custo inicial.

Porém, a utilização de espaldões de terra ou outros dispositivos que recorram a este material em CT interiores levanta questões que a longo prazo se tornam difíceis de resolver. Refiram-se as dificuldades que se colocam à manutenção necessária a esse tipo de dispositivo: remoção, expurgo e reposição ou substituição do solo. Estas conduzem ao aumento de exposição ao chumbo, pois o espaldão encerrado dentro do edifício torna-se permanente fonte de chumbo (ver 4.3.1.1). Por outro lado, as poeiras originadas pelos impactos no espaldão, aspiradas pelo sistema de ventilação da CT, cuja exaustão deve ser disposta exactamente sobre o dispositivo pára-balas, provocam fadiga excessiva aos mesmos, exigindo operações de manutenção mais frequentes, que elevam os custos de utilização.

Estes factos conduzem à pesquisa de novos dispositivos pára-balas. No RAD-38-1 e MT-38-2, é referido apenas um tipo particular, cuja utilização, de acordo com NRA (2004) e NEHC-TM6290.99-10, é frequente em CT interiores. Trata-se do dispositivo de detenção, deflexão e recolha de projécteis do tipo veneziana (ver Figura 5.1). Consiste numa câmara de amortecimento de choque dos projécteis, constituída por placas de aço blindado inclinadas, colocadas paralelamente, num ângulo de aproximadamente 35° (as placas não são fixas, podendo ter movimentos de rotação em torno de um eixo horizontal). A posição destas permite a deflexão dos projécteis (no fundo o que ocorre é um amortecimento e ricochete), para a placa imediatamente inferior cuja nova deflexão, caso a energia cinética do projéctil ainda o permita, o irá fazer incidir novamente na placa superior, com uma diminuição muito rápida da energia cinética do projéctil. Quando esta é reduzida a zero, as balas tombam, para um receptáculo de recolha, de fácil acesso. As extremidades frontais das placas de aço são afiadas, permitindo cortar os projécteis que incidam nestas directamente. Pelo facto de este tipo de dispositivo provocar muitas vezes a fragmentação dos projécteis, é comum serem dispostas telas de borracha compacta à sua frente, evitando projecções. Estas, uma vez que são perfuradas a cada disparo, exigem elevado nível de manutenção.

As especificações e inclinação das placas de aço devem ser dimensionadas ou seleccionadas de acordo com a modalidade de tiro, armas e calibres utilizados, devendo a taxa de disparos

esperada ser outro elemento importante. Além da espessura, deve ser especificada a dureza da superfície, a resistência à abrasão, a resistência à fadiga e as ligas metálicas que as devem constituir, de forma a garantir a melhor durabilidade e compatibilidade com a modalidade de tiro, armas e calibres utilizados (NRA, 2004). Normalmente são insonorizadas, tratadas com produtos antiferruginosos e cobertas com uma camada de pintura protectora (RAD-38-1).

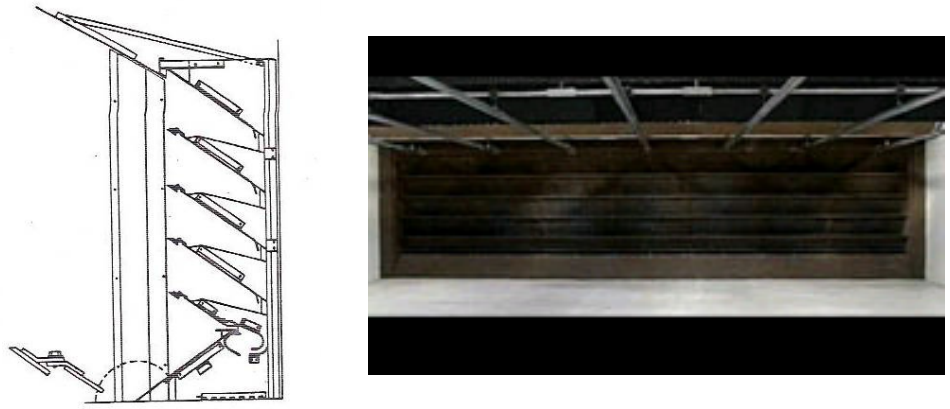


Figura 5.1 - À esquerda, representação esquemática do dispositivo de detenção, deflexão e recolha de projécteis do tipo veneziana (referência: MT-38.2) e á direita, fotografia do dispositivo pára-balas visto da plataforma de tiro (referência: Meggitt Defense Systems).

Existem outros dispositivos pára-balas cuja concepção base é a utilização de blindagem em aço para deflectir os projécteis, podendo esta ser combinada com caixas de areia, caixas de água, ou fluidos viscosos, ou simplesmente desenhadas de forma particular que permita a deflexão. Embora muito utilizadas, nomeadamente nos EUA, a exigência das especificações do aço utilizado neste tipo de dispositivos traduz-se frequentemente em maiores custos de concepção e manutenção. Além disso, à frequente ocorrer a fragmentação dos projécteis, o que origina maiores níveis de chumbo. A utilização de fluidos traduz-se normalmente em fadiga dos sistemas de ventilação e dificuldade em controlar a humidade na zona de tiro. Embora, em casos particulares, se possa procurar utilizar aço usado, isso implica menor controlo sobre as suas especificações e, portanto, maior exigência na sua concepção (NRA, 2004). Porém, este tipo de dispositivo tem a vantagem de solucionar, de forma geral, o problema da recolha de projécteis.

Além dos dispositivos pára-balas que recorrem aos materiais solo e aço, ou à sua combinação, existem ainda os que utilizam borracha. Destes, destacam-se dois: lâminas de borracha compacta de alta resistência e o granulado de borracha (NEHC-TM6290.99-10).

O primeiro consiste na disposição de duas fiadas de lâminas de borracha suspensas no tecto, paralelamente à plataforma de tiro e linha de alvos, adjacentes umas às outras, preenchendo toda a parede frontal. Na primeira fiada, as lâminas são instaladas com uma inclinação de 30° face às linhas de tiro e na segunda, com uma inclinação de 120°. Entre as fiadas de borracha e a parede frontal, deve existir um espaço destinado à manutenção das lâminas e remoção de

projécteis e a parede frontal deve ser revestida por chapa de aço de dimensões semelhantes às utilizadas para reforçar os diafragmas nas CT exteriores, já tendo sido observadas instalações com 12 mm de espessura.

A estrutura destas lâminas é semelhante à dos pneus automóveis. No seu interior, são constituídas por estruturas reticuladas de fibras têxteis, que lhe conferem impenetrabilidade, coladas a bandas de borracha de alta resistência. O projéctil, ao embater nestas, perfura-as sucessivamente até perder totalmente a sua energia, tombando intacto, e podendo depois ser recolhido. Uma das desvantagens deste tipo de sistema prende-se com o facto de nem todos os projécteis tombarem, podendo ficar alojados nas lâminas, facto que, sem a devida manutenção, poderá originar fragmentação ou formação de ricochetes.

As fiadas de lâminas são normalmente suspensas numa estrutura metálica de suporte, sendo esse o seu único ponto de fixação. Esta estrutura de suporte deve ser protegida contra tiros directos e ricochetes. Este tipo de dispositivo pode ser utilizado igualmente no desenfiamento de paredes, devendo nesses casos, ser corrigida a orientação das lâminas face às linhas de tiro.

O esquema representado na Figura 5.2 permite exemplificar a instalação deste tipo de dispositivo.

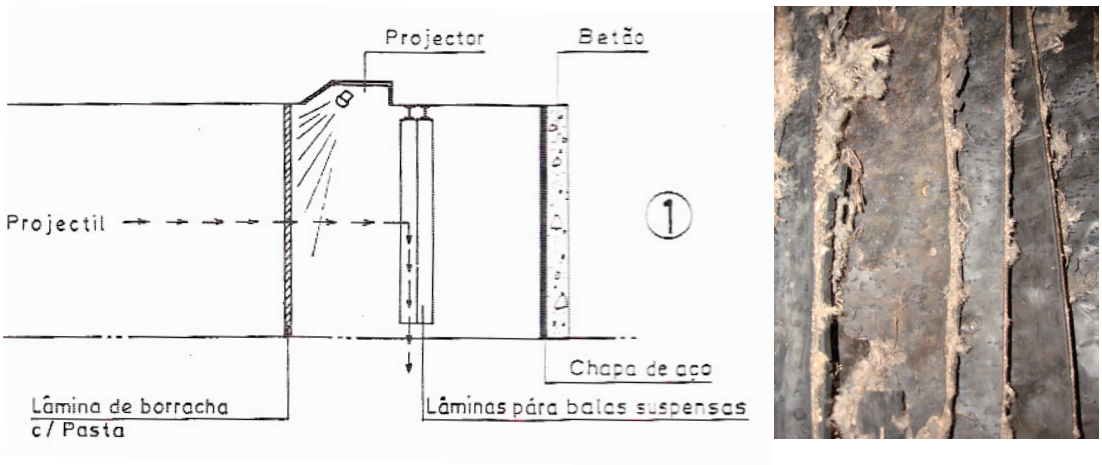
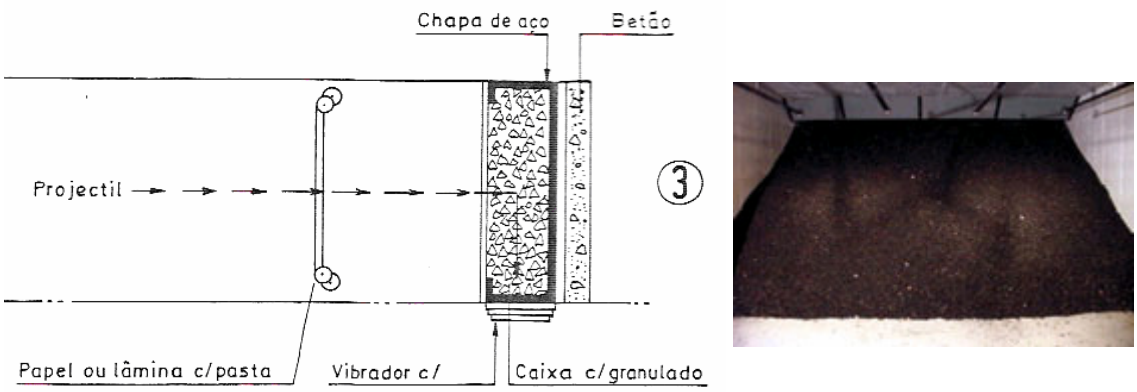


Figura 5.2 - À esquerda, representação esquemática da instalação de lâminas de borracha pára-balas [referência Direcção do Serviço de Fortificações e Obras do Exército (DSFOE), 1991] e à direita, fotografia de lâminas de borracha pára-balas instaladas e em avançado estado de desgaste.

O segundo dispositivo pára-balas consiste numa caixa metálica aberta do lado da plataforma de tiro, preenchida por granulado de borracha. Este funciona como um espaldão, absorvendo a energia cinética do projéctil, mantendo-o intacto. Podem ser equipados por mecanismos de vibração mecânica que permitam a migração dos projécteis para uma câmara inferior de extracção de projécteis. A sua instalação pode ser vertical, tendo nesse caso uma membrana de borracha que suporta o granulado, ou inclinado à semelhança de um espaldão convencional

(Figura 5.3). É aconselhada a sua instalação inclinada, uma vez que verticalmente exigirá uma manutenção muito exigente da membrana de suporte. Uma vez que esta é perfurada a cada disparo, rapidamente o granulado começa a sair do seu recipiente, começando a surgir problemas de desenfiamento nas trajectórias altas, devido ao abaixamento do nível do granulado.

Figura 5.3 - À esquerda, representação esquemática da instalação de caixa vertical de granulado de borracha pára-balas [referência: Direcção do Serviço de Fortificações e Obras do Exército (DSFOE), 1991] e à direita, fotografia de um "espaldão" inclinado de granulado de borracha (referência: ACTION TARGET ™).



Estes dois tipos de dispositivo traduzem-se numa grande vantagem, que é a recuperação dos projécteis intactos, reduzindo a contaminação pelo chumbo na zona do dispositivo pára-balas. Porém, esta característica só pode ser garantida se existir uma manutenção frequente, como se fez evidenciar. A grande desvantagem dos equipamentos constituídos por borracha é o acrescido risco de incêndio que acarretam, uma vez que o atrito provocado pela penetração dos projécteis nas lâminas, quando as taxas de tiro são muito elevadas, podem levar a um forte aumento de temperatura, provocando a sua ignição.

Existem ainda outros dispositivos, cujo desenvolvimento comercial pode dar respostas cabais ao problema do desenfiamento nas CT interiores e cuja análise detalhada pode ser feita através da informação catalogada disponível através dos próprios fabricantes.

5.2.2 DIAFRAGMAS[25]

Os diafragmas já foram abordados no âmbito das CT exteriores. A sua função nas CT interiores é exactamente a mesma, embora sejam utilizados de uma forma mais ampla e vasta,

[25] Este termo não surge em qualquer publicação no contexto das CT interiores. A sua adaptação do RAD-38-1 e MT-38-2 do que respeita as CT exteriores parece mais do que adequado, tendo em conta a função. O seu termo original é *safety baffle* (ver 4.1.1.2).

uma vez que, como referido, nestas a área de superfície que possibilita a formação de ricochetes é maior e a quantidade de equipamentos, e eventualmente de elementos construtivos que necessitem de desenfiamento, é também maior.

O princípio subjacente à aplicação dos diafragmas, é garantir a protecção desses elementos, dos tiros directos, normais e errados, ocasionais, não prevendo a protecção contra tiros sistematicamente disparados erradamente (NRA, 2004). São, no fundo, diafragmas semelhantes aos utilizados nas CT exteriores, embora numa escala diferente. A combinação de materiais dos quais podem ser executados é a mesma, seja betão armado, aço, madeira, contraplacado e polímeros, sendo a mais comum, uma solução ligeira do diafragma pára-balas, onde se substitui o muro de betão por placas de aço, formando um painel *sandwich* de aço e madeira com espessuras da ordem dos 15 mm (NRA, 2004). O seu funcionamento, de uma forma simplificada, pode ser descrito da seguinte forma: a madeira aprisiona o projéctil, enquanto que o aço o redirecciona para o dispositivo pára-balas, perdendo uma quantidade considerável de energia cinética ao penetrar a madeira por duas vezes. Outras soluções podem passar pela conjugação deste modelo com painéis de borracha compacta, como será observado adiante.

O dimensionamento destes dispositivos deve garantir que sejam impenetráveis para os calibres utilizados, que não produzam ricochetes e será muito importante que sejam relativamente "ligeiros", em termos de manutenção. Aconselha-se que a conjugação de materiais a utilizar seja testada.

Os diafragmas devem ser elementos extremamente versáteis e simples, uma vez que devem poder ser incorporados na concepção global da infra-estrutura conforme surja a sua necessidade, para proteger tectos, paredes, saliências, sistemas de iluminação, mecanismos de suporte de alvos, entre outros.

5.2.2.1 TECTO

Nas CT exteriores, o desenfiamento vertical superior era garantido pelo espaldão frontal e, quando as distâncias de tiro, ou as condições do espaldão, o exigissem, através de diafragmas pára-balas. Estes eram compreendidos através de uma regra *no blue sky gap*. Nas CT interiores, ao invés de céu aberto tem-se um tecto. A sua impenetrabilidade, porém, não deve ser garantida pela sua própria estrutura, mas por outros dispositivos de desenfiamento, salvaguardando as exigências estruturais, e protegendo-as do desgaste provocado pela absorção ou incidências de tiros directos e ricochetes.

A concepção do desenfiamento vertical superior passa, desta forma, pela protecção do tecto. Esta consiste na disposição de diafragmas, transversalmente, à semelhança dos diafragmas utilizados nas CT exteriores (ver Figura 5.4). Se esses eram definidos segundo uma regra *no*

blue sky gap, nas CT interiores pode-se definir por analogia uma regra *no roof gap*. Devem ser dispostos de forma tal que o atirador, da plataforma de tiro, independentemente da posição de tiro, não consiga ver qualquer *roof gap*, ou seja, só consiga ver o dispositivo pára-balas e os diafragmas.

Os diafragmas devem ser dispostos no tecto fazendo um ângulo de 25° a 30° com a horizontal, descendente da plataforma de tiro para os alvos, a toda a largura do leito da CT. Simultaneamente a disposição dos diafragmas nesta posição permite a deflexão das trajectórias de ricochetes para o dispositivo pára-balas, ou para o chão, mas nunca para trás (NRA, 2004; ETL 06-11).

Figura 5.4 - Fotografia da zona de tiro de uma CT interior, onde se podem observar os diafragmas superiores desenfiando o tecto e sistemas de iluminação (a fotografia não é tirada da plataforma de tiro e por isso não é verificada a regra *no roof gap*), e um diafragma inferior garantindo o desenfiamento dos bastidores dos alvos.

Os diafragmas devem ser dispostos no tecto fazendo um ângulo de 25° a 30° com a horizontal, descendente da plataforma de tiro para os alvos, a toda a largura do leito da CT. Simultaneamente a disposição dos diafragmas nesta posição permite a deflexão das trajectórias de ricochetes para o dispositivo pára-balas, ou para o chão, mas nunca para trás (NRA, 2004; ETL 06-11).

Sobre a plataforma de tiro, poderá ser instalada ainda uma protecção adicional, alongada até ao primeiro diafragma, impedindo que ocorram tiros directos nessa porção de tecto cujo ângulo não é impedido pelo primeiro diafragma. Esta protecção, ou escudo, deve ser constituída à semelhança dos restantes diafragmas, garantindo o princípio que lhes é subjacente, impenetrabilidade, e reduzindo a possibilidade de formação de ricochetes. A função deste

escudo é semelhante à da pala horizontal da cobertura da plataforma de tiro nas CT exteriores (ver 4.1.1.5).

A aplicação de materiais de isolamento acústico nos tectos é aconselhada.

5.2.2.2 PAREDES LATERAIS E LEITO DA CT

As paredes laterais e o leito da CT interior, à semelhança dos restantes elementos estruturais, não devem funcionar como dispositivo de desenfiamento por si só. No caso das paredes, esse facto pode ser destacado, particularmente quando as paredes forem constituídas por painéis de alvenaria, cujas espessuras não são, normalmente, suficientes para garantir a sua impenetrabilidade.

Assim, ao longo de toda a parede e leito, deve ser disposto um revestimento que garanta os princípios subjacentes ao desenfiamento, impenetrabilidade e minimização da formação de ricochetes. Porém, além da preocupação com o desenfiamento, acresce a necessidade de condicionamento acústico no interior da zona de tiro, que deve ser suprida através da aplicação de materiais absorventes acústicos. O tratamento balístico e acústico das paredes deve ser efectuado em toda a sua altura, estendendo-se desde o limite anterior à plataforma de tiro, até ao dispositivo pára-balas frontal, ou até não existir superfície de parede lateral visível de qualquer posição de tiro (NRA, 2004). A mesma regra se aplica ao leito, onde toda área que for visível da plataforma de tiro deve ser impenetrável e anti-ricochete.

Nas paredes, podem ser utilizadas lâminas de borracha, à semelhança das utilizadas como dispositivo pára-balas frontal, com a desvantagem de ter que revestir toda a extensão das paredes com placas de aço, encarecendo a solução. Outra solução com chapa de aço passa pela construção dos painéis *sandwich* de aço e madeira ou contraplacado (NRA, 2004). Esta apresenta a mesma desvantagem da anterior. Um tipo de solução cada vez mais recorrente é a aplicação de painéis de borracha anti-ricochete (ver 5.2.3), tanto nas paredes como no leito.

Outra forma de promover o desenfiamento lateral das CT interiores poderá passar pela disposição de separadores ou divisórias dos postos de tiro, que limitem o feixe de trajectórias lateralmente (NRA, 2004) (ver 5.5.3).

5.2.3 BORRACHA BALÍSTICA ANTI-RICOCHETE

Uma solução emergente cujo interesse merece destaque é a utilização de soluções de borracha de elevada densidade, produzida através da vulcanização de borracha reciclada, disponíveis no mercado por diversos fabricantes, entre eles REGUPOL®, VULCAN®, e DUALETRON®.

Estes estão disponíveis tanto para elementos pára-balas frontais, como para aplicação em diafragmas. Existem blocos compactos pára-balas, com 500 mm de espessura, que permitem, a formação de paredes pára-balas em borracha, e painéis de revestimento de paredes, tecto e pavimento, com espessuras de 43 mm que garantem um comportamento anti-ricochete para ângulos de incidência entre 10° e 90°, de acordo com os testes disponibilizados pelos seus fornecedores. O comportamento anti-ricochete implica a não formação de ricochetes, o que se poderá traduzir na detecção do projéctil por penetração no material, ou por amortecimento e queda.

Este tipo de material tem uma vantagem acrescida, que é a sua tradução em elevados coeficientes de absorção sonora, devido, fundamentalmente, à sua rugosidade.

Os blocos compactos têm um funcionamento semelhante aos pára-balas de borracha granular, embora neste caso, esta se encontre fortemente colada. As principais vantagens deste dispositivo prendem-se com a fácil instalação e com o facto da não ocorrer fragmentação. Por outro lado, acrescem os custos de manutenção uma vez que o desgaste dos blocos nos pontos críticos, atrás dos alvos, onde sofrem impactos permanentemente, é muito elevado, podendo originar fragmentação, devido ao acumular de projécteis detidos, e colapso da parede pára-balas formada pelos blocos, devido à perda de capacidade de sustentação dos blocos atrás dos alvos.

Os painéis podem ser aplicados em paredes, no chão, tecto, e diafragmas em geral, podendo ser combinada com os materiais tradicionalmente utilizados nos diafragmas. São de montagem modular, dispondo de mecanismos de fecho entre painéis apropriados, o que permite fácil substituição em caso de desgaste. Podem ser montados manualmente contra paredes de betão, perfis metálicos e madeira. Pode sugerir-se que sejam montados sobre ripado de madeira, acrescentando segurança sobre o aspecto da impenetrabilidade, facilitando a sua aparafusagem, criando descontinuidades nos materiais e aumentando o isolamento sonoro para o exterior. Outra das suas vantagens é a sua durabilidade, traduzindo-se geralmente em materiais com desgaste muito reduzido, acrescida da modularidade, que permite substituição apenas nas zonas de maior desgaste.

A sua principal desvantagem é a sua porosidade, cuja apetência para acumular poeiras de chumbo e resíduos de pólvora não queimada é muito elevada, acrescendo o risco de contaminação pelo chumbo e de incêndio.

5.3 RUÍDO

De acordo com a metodologia de intervenção definida (ver 4.2), deve compreender-se, à semelhança das CT exteriores, a actuação no meio de transmissão, que nas CT interiores se centra no tratamento acústico da zona de tiro. Quando a onda sonora incide numa superfície

com determinada energia, parte dessa é reflectida, outra parte absorvida e uma terceira é transmitida através da superfície. Desta forma, uma vez que a zona de tiro é totalmente fechada pelas superfícies que a limitam, a energia sonora produzida no seu interior, quando incide nas paredes, pavimento e tecto, será nas devidas proporções, reflectida, absorvida e transmitida.

A intervenção ao nível do tratamento acústico da zona de tiro, pretende, então, reduzir a reflexão, aumentando a absorção o que impedirá a formação de um campo reverberante no seu interior, e reduzir a transmissão sonora para o exterior dos limites que a confinam. O primeiro aspecto é comum ser referido como condicionamento acústico, enquanto que o segundo se refere comummente como isolamento sonoro. Assim, pode-se definir ao nível da zona de recepção interior, a necessidade de condicionamento acústico e, ao nível da zona de recepção exterior, de isolamento sonoro.

Uma vez que, nas CT interiores, a zona de tiro se encontra integrada num edifício, dedicado ou multifuncional, a zona exterior de recepção de ruído inclui todas as áreas que lhe são adjacentes, pertencentes à zona de serviços e outras que não digam respeito à própria IT (NRA, 2004). Assim, aplicam-se os princípios do isolamento sonoro em edifícios, à luz das particularidades de cada projecto, bem como a legislação que se lhes aplica, pelo que não se aprofundará este assunto.

A obrigatoriedade do uso de equipamentos de protecção individual auditiva deve ser observada e a implementação de programas de controlo e monitorização dos níveis de ruído e níveis auditivos individuais é aconselhada.

5.3.1 CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

O condicionamento acústico é conseguido através da disposição correcta de materiais de absorção acústica adequados. Estes devem ser utilizados em todos os elementos interiores da zona de tiro, no pavimento, paredes e tecto, com especial atenção para a plataforma de tiro, uma vez que esta corresponde ao local onde se encontra a fonte de ruído (NRA, 2004).

Os materiais de absorção acústica dividem-se essencialmente em três tipos, os materiais porosos e fibrosos, as membranas ressonantes e os ressoadores (de Helmholtz). A dissipação de energia nos primeiros ocorre devido ao progressivo amortecimento da vibração do ar pela fricção contra as superfícies dos poros ou pela fricção das fibras do material entre si (Harris, 1991). Devido à pequena dimensão dos seus poros, estes materiais conseguem obter níveis de absorção sonora muito elevados para as altas frequências (superiores a 500 Hz), uma vez que estas correspondem a comprimentos de onda igualmente pequenos (Sousa, 2002; Harris, 1991). Os segundos absorvem a energia sonora pela vibração de grandes painéis de pequena espessura, através da fricção das fibras dos materiais quando estes entram em flexão. Estes

são especialmente adequados à atenuação sonora das baixas frequências (entre os 20 Hz e os 200 Hz), uma vez que os comprimentos de onda destas são da mesma ordem de grandeza dos painéis. Os ressoadores consistem numa cavidade acústica, interligada com o exterior por um gargalo. Quando as ondas sonoras atingem o gargalo do ressoador, imprimem deslocamentos alternados na massa de ar que está no seu interior, cuja fricção contra as paredes do ressoador dissipam a energia acústica (Harris, 1991). Surgem, normalmente sob a forma de painéis perfurados, e são especialmente adequados à atenuação das médias frequências (entre 200 Hz e os 500 Hz). A dimensão específica do gargalo traduz-se numa banda de frequências estreita.

Como fica demonstrado, os materiais de absorção acústica, revelam curvas de comportamento absorção-frequência específicas. Dessa forma, a análise dos seus coeficientes de absorção sonora deve ser realizada em função da frequência. A combinação de diferentes materiais acústicos, ou dos conceitos que lhes estão subjacentes, poderá ser necessária nas CT, dado o largo espectro de frequências do ruído produzido no seu interior.

Além das frequências, deve ser analisada a influência do tipo de instalação do material acústico, uma vez que esta pode afectar a absorção, nomeadamente nas baixas frequências (Harris, 1991). Por exemplo, uma forma de melhorar a absorção das baixas frequências será aumentar a distância existente entre os materiais de absorção porosos e a superfície rígida que os suporta, criando uma caixa de ar.

Além destes factores, a selecção de materiais acústicos, particularmente em CT, deve ter em consideração os seguintes factores:

- Resistência ao fogo;
- Resistência mecânica: todas as superfícies interiores que possam sofrer impactos de projécteis devem ser anti-ricochete;
- Manutenção: instalações modulares são as ideais, permitindo fácil substituição de elementos e mantendo a manutenção das zonas de maior desgaste economicamente viável;
- Reflectância luminosa: devem permitir uma boa reflectância, melhorando as condições de luminosidade dentro da zona de tiro (ver 5.5.2);
- Facilidade de limpeza: não devem permitir a acumulação de poeiras de chumbo e ser laváveis por via húmida.

A utilização dos materiais absorventes no interior da zona de tiro terá uma contribuição pequena para o isolamento sonoro da mesma (MIL-HDBK-1027/3B), embora, indirectamente diminua os níveis sonoros no interior da zona de tiro, o que é favorável ao isolamento.

5.4 EXPOSIÇÃO AO CHUMBO

Partindo da metodologia de ataque às questões relativas ao chumbo definida em 4.3, a intervenção ao nível da fonte de contaminação traduz-se essencialmente na concepção de sistemas de ventilação adequados e na adopção de planos de manutenção de infra-estruturas, os quais devem incluir a selecção de dispositivos de desenfiamento e materiais adequados. A intervenção sobre os elementos sujeitos à contaminação traduz-se na implementação de planos de saúde, higiene e segurança e na adopção de técnicas visando a protecção dos recursos naturais existentes.

Enquanto que nas CT exteriores as questões de impacte ambiental se revestiam de maior acuidade, uma vez que o carácter aberto dessas infra-estruturas diminui em grande escala as preocupações com a contaminação dos indivíduos utilizadores, nas CT interiores, a filosofia deve ser a oposta. O carácter fechado destas confere-lhes isolamento dos recursos naturais, reduzindo as preocupações com o seu impacte no ambiente, mas sobreleva como factor vital, a correcta concepção de sistemas de ventilação (exigidos à luz do Dec-Lei n.º 274/89 de 21 de Agosto), e obrigando à implementação de planos de higiene, segurança e saúde detalhados, uma vez que o risco de contaminação pelo chumbo se torna elevado.

Além destes dois aspectos fulcrais, a selecção do tipo de dispositivo de desenfiamento adoptado não deixa de ter um papel importante nas CT interiores, aplicando-se-lhe igualmente tudo o disposto em 4.3.1.1.

5.4.1 SISTEMA DE VENTILAÇÃO

De uma forma conceptual, o que se pretende do sistema de ventilação da CT interior é criar uma cortina uniforme de ar renovado que varra permanentemente a zona de tiro em toda a sua secção, que uma vez contaminada com os gases produzidos pelos disparos continue a varrer a zona de tiro em direcção ao dispositivo pára-balas, onde será extraída. Este processo contínuo e cíclico pretende impossibilitar a formação de espaços de ar estagnado. Porém, deve decorrer sem interferir com as trajectórias, nem com o conforto dos atiradores, quer em termos de ruído, quer de velocidade ou temperatura. É necessário portanto, introduzir grandes quantidades de ar renovado, a baixas velocidades e temperatura controlada, unidireccionalmente, garantindo que não ocorre recirculação de ar contaminado dentro da zona de tiro.

Desta forma, o sistema de ventilação deve garantir, na plataforma de tiro, caudais contínuos e uniformes com velocidades entre os 0,25 m/s e os 0,38 m/s (valor ideal) (Anania, *et al*, 1975; Barsan, *et al*, 1996; NEHC-TM6290.99-10; NASR, 2005). Valores superiores poderão fazer passar o escoamento a regime turbulento e originar fenómenos de recirculação do ar. Deve obter-se um escoamento uniforme, difuso e não turbulento até à plataforma de tiro, e quase

laminar ao longo do leito, até à sua extracção (NEHC-TM6290.99-10), devendo ser mantido uma velocidade mínima de 0,18 m/s (Anania, *et al*, 1975).

Para garantir o escoamento unidireccional, deve ser obtida uma subpressão permanente no interior da zona de tiro, o que deve ser conseguido através da extracção de um caudal entre 3 a 10% superior ao de insuflação, o que fará o ar insuflado escoar mais rapidamente para longe da plataforma de tiro (Anania, *et al*, 1975; NEHC-TM6290.99-10; NASR, 2005; ETL 06-11).

A insuflação deve ser efectuada atrás da plataforma de tiro, afastada cerca de 4 a 5 m dos postos de tiro (Anania, *et al*, 1975; ETL 06-11; 2006). Os tipos de dispositivo de insuflação (ver 5.4.1.2) e a sua disposição terão um papel fundamental na obtenção dos regimes de escoamento necessários. A sua selecção e disposição não deverão criar irregularidades que conduzam a escoamentos turbulentos e à recirculação de ar, sendo de evitar a existência de obstáculos entre o dispositivo de insuflação e a plataforma de tiro.

A extracção deve ser realizada totalmente nas imediações do dispositivo pára-balas, de preferência próximo do tecto, ao invés do chão, de forma a minimizar a possibilidade de recirculação. Idealmente, os exaustores devem ser colocados a toda a largura da zona de tiro, podendo igualmente, em determinados casos, ser colocados nos flancos, ligeiramente à frente do dispositivo pára-balas (Anania, *et al*, 1975; NEHC-TM6290.99-10). Quando for adoptado o caudal de escoamento máximo, ou no caso da zona de tiro ter uma extensão que o justifique, a exaustão poderá ser efectuada ao longo do leito da seguinte forma: 25% do ar extraído a cerca de 4 a 6 m da plataforma de tiro e os restantes 75% no dispositivo pára-balas (Anania, *et al*, 1975). A existência de pontos de exaustão múltiplos ao longo da extensão do leito está apenas condicionada ao caudal e velocidades exigidos, embora a consideração destes, face às necessidades de isolamento acústico e protecção balística, deva conduzir à sua minimização. A extracção nas imediações ou mesmo à retaguarda do dispositivo pára-balas, é favorável ao controlo da exposição ao chumbo durante operações de manutenção e limpeza (NEHC-TM6290.99-10).

O ar extraído, segundo o NEHC-TM6290.99-10, deverá ser totalmente filtrado, através de unidades High Efficiency Particulate Air (HEPA), e os filtros, uma vez removidos, devem ser tratados como lixo tóxico industrial (NASR, 2005). A conduta de exaustão deve ser disposta de forma a estar afastada de áreas de actividade humana e dos pontos de admissão das condutas de insuflação ou sistemas de ventilação de outros edifícios (NASR, 2005; NEHC-TM6290.99-10). Tal poderá ser conseguido através da elevação das condutas e aumento das velocidades de exaustão, tendo em conta os ventos predominantes face às posições relativas das condutas de exaustão e insuflação (Anania, *et al*, 1975).

Naturalmente, o local de exaustão irá acumular ao longo do tempo, elevadas concentrações de partículas de chumbo (NASR, 2005). Esta área deverá ser de acesso limitado, devendo ainda ser tratada de acordo com as técnicas sugeridas em 4.3.1, no que respeita a deposição de chumbo nos solos.

O sistema de ventilação deve ser autónomo e dedicado unicamente à zona de tiro (Anania, *et al*, 1975; NASR, 2005). O edifício que a alberga, mesmo que lhe seja inteiramente dedicado, deverá ter o seu próprio sistema de ventilação independente. Os sistemas de insuflação e de extracção devem ser de funcionamento interdependente, querendo isto dizer que um não poderá estar ligado, sem que o outro também o esteja (Anania, *et al*, 1975). Da mesma forma, devem ser de velocidade única e não de velocidades múltiplas, garantindo continuamente as condições exigidas ao seu funcionamento (Anania, *et al*, 1975; NEHC-TM6290.99-10).

Métodos de avaliação do sistema de ventilação podem ser encontrados em NEHC-TM6290.99-10.

5.4.1.1 SISTEMA DIRECTO VS SISTEMA FECHADO

Podem ser considerados dois tipos de sistemas de ventilação: sistemas fechados e sistemas directos. Ambos permitem soluções eficazes, sendo adequados a casos diferentes. (Anania, *et al*, 1975; NASR, 2005)

Os sistemas directos introduzem ar renovado na zona de tiro, proveniente do exterior, ventilando o ar extraído também para o exterior. Nestes sistemas, o ar introduzido deverá ser 100% de ar exterior (Anania, *et al*, 1975).

Os sistemas fechados implicam a recirculação de cerca de 60 a 80% do ar extraído, através da sua insuflação para o interior da zona de tiro. Por isso, requerem um sistema de filtragem e purificação do ar mais exigente. Devem ser utilizadas, nestes casos, unidades de filtros HEPA. Devem ser utilizados filtros convencionais antes dessas unidades, permitindo uma primeira filtragem, que reduzirá o desgaste das unidades HEPA, aumentando a sua eficiência (NASR, 2005).

Em ambos os sistemas se exige a filtragem e condicionamento do ar insuflado, bem como a monitorização dos parâmetros do ar, como os caudais de insuflação, a velocidade do escoamento na plataforma de tiro (medida junto ao chão, tecto e paredes), pressão estática (NASR, 2005), e concentração de chumbo. Acresce aos sistemas fechados, a necessidade de monitorização dos filtros e sua substituição, bem como a existência permanente de filtros de reserva, monitorização da concentração de chumbo no ar insuflado e mecanismos de controlo que permitam interrupção imediata do sistema em caso de ser detectada qualquer falha nos sistemas de filtragem (de preferência sistemas *bypass* – que permitam corte de alimentação dos dispositivos de insuflação, passando a alimentá-los de ar exterior) (NASR, 2005).

De uma forma geral, os sistemas fechados são mais dispendiosos do que os directos no que concerne aos custos imediatos, além de, no fundo, exigirem, por questões de segurança, a possibilidade de funcionamento em sistema directo.

Porém, são um investimento mais rentável a longo prazo, nomeadamente em localizações que exijam aquecimento ou arrefecimento do ar exterior (Anania, *et al*, 1975). Ao contrário dos sistemas directos que exigirão nestes casos aquecimento ou arrefecimento de todo o ar insuflado, os sistemas fechados permitem reduzir fortemente os encargos energéticos associados ao condicionamento do ar (NASR, 2005). Desta forma, os sistemas fechados são particularmente indicados para CT em que é necessária uma climatização exigente ou quando a sua implantação não permita isolar um ponto de extracção directo, como poderá ser exemplo as áreas urbanas (NASR, 2005).

Por outro lado, os sistemas fechados acarretam maiores riscos para o utilizador, uma vez que dependem da fiabilidade dos processos de filtragem e renovação de ar, acrescidos dos inconvenientes característicos dos ambientes de ar artificial. Estes sistemas não são aconselhados, excepto nos casos que efectivamente o exijam. Nesses casos, a monitorização dos parâmetros de qualidade do ar, como a concentração de chumbo, os caudais e velocidades de escoamento, são obrigatórios (art.º 3.º do Dec-Lei n.º 274/89, de 21 Agosto), devendo ser implementados programas de registo e arquivo de documentos (art.º 17º do Dec-Lei 274/89, de 21 Agosto).

5.4.1.2 SOLUÇÕES DE INSUFLAÇÃO

Embora possam ser concebidos sistemas com todo o tipo de dispositivos de insuflação, é unânime que a solução ideal para a insuflação nas CT interiores é o sistema do tipo “air wall” (NEHC-TM6290.99-10; NASR, 2005) ou “laminar wall” (PRICE®). Consiste numa superfície perfurada, com cerca de 6 a 10% de área livre (NEHC-TM6290.99-10), que funciona como um pleno, colocada em toda a secção da zona de tiro, constituindo-se em toda a parede à retaguarda da plataforma de tiro, sendo de evitar a existência de portas ou outros vãos na mesma.

Esta superfície deve ser instalada sobre uma caixa de ar, cuja espessura deve ser tal que a velocidade dentro do pleno atinja cerca de 2,5 m/s, e este seja alimentado por várias condutas, de forma a tornar o mais uniforme possível o seu enchimento, permitindo uma distribuição uniforme por todo o “laminar wall” (PRICE®).

Os orifícios da superfície perfurada devem ser dimensionados de forma a que a velocidade de escoamento nestes seja inferior a 10 m/s, em que o ideal será obter velocidades entre os 2 e os 3 m/s (o que corresponde a orifícios com diâmetros entre os 9,5 mm e os 25,5 mm, embora já tenham sido utilizados com resultados aceitáveis diâmetros até aos 6,35 mm) (NEHC-TM6290.99-10). Pode ser fabricado com derivados de madeira, por exemplo placas de fibras de madeira como o MDF (NEHC-TM6290.99-10), alumínio ou aço inoxidável (PRICE®), ou painéis de polímeros termoplásticos transparentes como, por exemplo, acrílico.

A sua instalação deve ser feita por painéis, suportados por estruturas metálicas leves, que permitam fácil remoção, para acesso ao pleno, permitindo simplificar operações de limpeza e manutenção. Este sistema permite ainda a fácil adaptação aos vãos que possam existir nessa parede, normalmente, pelo menos, a janela da cabina de controlo (ver 5.6). Existem sistemas particulares para este tipo de aplicação como são os disponibilizados pela PRICE®.

Existem ainda outros tipos de sistemas de insuflação, como o pleno radial e os difusores. O primeiro consiste num pleno perfurado segundo o mesmo princípio do "air wall", normalmente metálico, colocado na extremidade superior da parede anterior à plataforma de tiro, a toda a largura. Os difusores são frequentemente utilizados em sistemas de ar condicionado, quando se pretendem obter escoamentos uniformes direccionados. O maior inconveniente associado a este tipo de sistemas é a dificuldade de obtenção de regimes de escoamento laminar uniforme, uma vez que o princípio que lhes é subjacente é a produção de jactos de ar direccionados.

5.4.2 PLANOS DE SAÚDE, HIGIENE E SEGURANÇA

De acordo com o art.º 11º do Dec-Lei n.º 274/89, de 21 de Agosto, deve ser garantida a vigilância e prevenção médica adequada a todos os indivíduos expostos à contaminação. O art.º 12º define quais as medidas de higiene aplicáveis a locais de trabalho sujeitos à exposição ao chumbo. No âmbito destas, e suportadas pelo definido no 29 CFR 1910.1025, devem ser definidos planos de saúde, higiene e segurança que, no que respeitam à exposição ao chumbo, devem incluir fundamentalmente duas componentes: plano de vigilância médica e plano de higiene e manutenção.

O plano de vigilância médica tem como objectivo proteger os indivíduos expostos à contaminação, através da identificação de taxas de plumbémia elevadas, detecção de sintomas, melhoramento das condições de controlo de exposição e educação dos utilizadores para os problemas decorrentes da contaminação (NASR, 2005).

O art.º 11º do Dec-Lei n.º 274/89, de 21 de Agosto, define detalhadamente de que forma deve ser conduzida a vigilância médica dos trabalhadores, determinando duas componentes: vigilância biológica, e examinação e consultas médicas, incluindo tratamento. Destaca-se, no que se refere à primeira, o seguinte:

- Deve compreender a determinação da taxa individual de plumbémia;
- Deve ser realizada de seis em seis meses;
- Deve ser realizada trimestralmente, quando a taxa de plumbémia for superior a 60 µg/dl de sangue ou a concentração de chumbo no ar for superior a 100 µg/m^3, e sempre que sejam ultrapassados os limites estabelecidos;

- Poderá ser realizada com uma periodicidade anual quando forem verificadas simultaneamente as seguintes condições: não for ultrapassado o nível de acção e a taxa de plumbémia for inferior a 40 µg/dl.

Uma vez mais, o padrão de exigência do 29 CFR 1910.1025 pode ser utilizado como termo de comparação. Este define, no que respeita a vigilância biológica de taxa individual de plumbémia, o seguinte:

- Deve ser realizada de seis em seis meses;
- Deve ser realizada bimestralmente, quando a taxa de plumbémia for superior a 40 µg/dl de sangue;
- O trabalhador deve ser removido do local de exposição ao chumbo, temporariamente, sempre que a taxa de plumbémia seja superior a 60 µg/dl, ou seja o nível de acção ultrapasse os valores limite estabelecidos;
- O trabalhador removido do local de exposição ao chumbo, só pode regressar a este, uma vez que a sua taxa de plumbémia atinja valores inferiores a 40 µg/dl.

O Dec-Lei n.º 274/89, de 21 de Agosto, define ainda, no art.º 17º, quais as exigências do registo e arquivo de documentos relativos à vigilância médica.

O plano de higiene e manutenção tem como objectivo proteger os indivíduos expostos à contaminação, através da definição de um conjunto de normas de higiene e regras de conduta e de técnicas e equipamentos adequados à manutenção das infra-estruturas.

Como foi evidenciado em 3.3.1 e 3.3.2, as partículas de chumbo formadas durante o disparo tendem a acumular-se nas superfícies adjacentes ao atirador, inclusive na sua pele e roupas, e este é um dos meios de admissão de chumbo no organismo, conduzindo à contaminação.

Desta forma, devem ser implementadas, paralelamente às acções de sensibilização e educação para os problemas ocasionados pela exposição ao chumbo, regras de conduta em CT, quer interiores quer exteriores. As que se seguem são transversais a toda a documentação sobre o assunto, estando igualmente prescritas no Dec-Lei n.º 274/89, de 21 de Agosto: proibição de consumo e presença de alimentos, bebidas, tabaco e cosméticos e recomendação para a lavagem das partes do corpo expostas durante a prática do tiro, após todas as sessões de tiro, em particular antes de comer, beber e fumar.

Tais considerações reforçam a necessidade da existência de instalações sanitárias dispondo de água quente e fria, bem como produtos de higiene e limpeza. Aquelas poderão ainda incluir balneários, com duches e cacifos individuais, pelo menos para o pessoal que efectua tarefas de limpeza e manutenção das infra-estruturas, o que é secundado pelas publicações Barsan (1996), NEHC-TM6290.99-10 e NASR (2005). O vestuário utilizado nas tarefas de limpeza e manutenção deve ser separado do vestuário utilizado no exterior, devendo esse ser lavado pelo menos uma vez por semana, em instalações destinadas a esse fim, ou lavandarias

equipadas para este tipo de lavagem (art.º 14º e 15º do Dec-Lei n.º 274/89, de 21 de Agosto). O acesso à linha de alvos deve ser restrito ao pessoal autorizado (Barsan, *et al*, 1996).

Simultaneamente, devem ser definidas técnicas de limpeza e equipamentos destinados à manutenção das infra-estruturas. O mesmo Dec-Lei define que, nas operações de limpeza, devem utilizar-se a via húmida (esfregona e água) ou a aspiração, sendo proibidos os processos que provoquem a dispersão das poeiras de chumbo. A aspiração deve ser realizada através de sistemas com filtragem HEPA (Anania, *et al*, 1975; Barsan, *et al*, 1996; NEHC-TM6290.99-10; NASR, 2005).

Todas as tarefas de limpeza e manutenção devem ser realizadas com equipamento de protecção individual adequado (máscaras com filtro HEPA e vestuário protector) e com os sistemas de ventilação em funcionamento (Anania, *et al*, 1975; Barsan, *et al*, 1996; NASR, 2005). A recolha dos invólucros das munições disparadas não deve ser realizada manualmente, podendo estes ser recolhidos através de um rodo de borracha ou do sistema de aspiração (Barsan, *et al*, 1996).

Quaisquer resíduos originados pelas actividades de manutenção, como a água da limpeza com esfregona, ou os filtros HEPA, deverão ser considerarados como materiais perigosos (NASR, 2005), devendo ser observadas as disposições legais sobre resíduos e protecção do ambiente (art.º 10º do Dec-Lei 274/89, de 21 de Agosto). A utilização de sistemas de aspiração a vácuo deverá ser à prova de explosão, evitando que ocorra a ignição de partículas de pólvora não queimada, existentes nestes locais (NEHC-TM6290.99-10; NASR, 2005).

Todas as superfícies devem ser limpas com detergentes com fosfatos, reduzindo a contaminação (Barsan, *et al*, 1996). O manual técnico NEHC-TM6290.99-10 contém orientações muito detalhadas dos procedimentos e técnicas de limpeza e manutenção que devem ser adoptados em CT interiores.

5.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

5.5.1 SISTEMAS DE ALVOS

À semelhança das CT exteriores, quanto às CT interiores também não existem regras específicas definindo quais os sistemas de alvos a adoptar, sendo essa uma decisão que cabe ao projectista da infra-estrutura tendo em elevada linha de conta a utilização desejada para a mesma. A ilustração dos tipos de utilização mais frequentes apresentada no ponto 4.4.1 é igualmente válida para as CT interiores.

Por outro lado, nas CT interiores o factor condicionante deixa de ser a distância, pois nestas não costuma ser superior aos 50 m (por questões de ordem económica, distâncias superiores tornam-se pouco comportáveis) e os sistemas de televisão em circuito interno ou os

marcadores electrónicos são soluções cuja utilização tem menos contrapartidas. Não obstante, a sua utilização é comum.

5.5.2 ILUMINAÇÃO

Os sistemas de iluminação devem ser capazes de reproduzir no interior da CT, condições semelhantes às obtidas através da luminosidade natural, no exterior (NEHC-TM6290.99-10).

Comummente utilizam-se lâmpadas fluorescentes brancas ou lâmpadas incandescentes, embora se deva verificar que a sua disposição não sujeita os utilizadores à fadiga dos olhos, devido à emissão de ultravioletas ou ao encadeamento. Dessa forma, deve procurar-se utilizar luzes sem emissão de ultravioletas, o que pode ser conjugado com fontes de luz alternativas, que permitam equilibrar as cores.

Uma instalação visualmente segura deve garantir níveis de luminosidade uniformes. Para tal, pode sugerir-se que as superfícies das paredes, tectos e chão sejam concebidas de forma a oferecerem alguma reflexão.

O sistema de iluminação do leito da CT deve incluir três componentes: iluminação geral, iluminação local e iluminação semi-directa. A iluminação geral confere luz uniforme a todo o leito, podendo fazer parte do sistema de iluminação da restante infra-estrutura. Por questões estéticas, é geralmente instalado simetricamente. A iluminação local deve ser disposta ao longo da plataforma de tiro, garantindo as condições de luminosidade ideais para as tarefas associadas ao armamento, manuseamento, carregamento, disparo, entre outras. A distribuição da iluminação semi-directa direcciona 60 a 90% da luz para o alvo, podendo ser instalada com uma pequena componente que reflicta no tecto e paredes, de forma a reduzir o aparecimento de sombras, e melhorar de uma forma geral o contraste. Em tectos brancos, a proximidade dos sistemas de iluminação pode provocar demasiado brilho.

O sistema de iluminação deve permitir a regulação da intensidade luminosa ao longo leito, devendo ser controlado da cabina de controlo. Podem ainda ser utilizados flashes de luz vermelha, laranja e/ou azul simulando situações de emergência (ETL 06-11).

5.5.3 SEPARADORES DOS POSTOS DE TIRO

É comum encontrar nas CT interiores separadores ou divisórias definindo os postos de tiro (também podem ser utilizados em CT exteriores). Estes permitem a definição de um espaço físico restrito, limitado à sua frente pela linha de tiro, ou outro dispositivo que impeça o avanço para os alvos (NRA, 2004) e lateralmente pelos separadores.

Muitas vezes são aproveitadas para instalar sistemas individuais de visualização dos alvos, e por isso são mais frequentes em CT interiores, embora também funcionem como protecção da ejecção de invólucros. A sua função poderá passar ainda pelo desenfiamento, quando a sua instalação pretender limitar o feixe de trajectórias lateralmente. Nesses casos, devem ter propriedades balísticas que impeçam a penetração de projécteis e reduzam a formação de ricochetes, existindo equipamentos fabricados especificamente para este propósito.

É fundamental, em qualquer dos casos, que a sua disposição não altere o fluxo de ar (NEHC-TM6290.99-10). Poderá também ser vantajoso dispor de materiais absorventes acústicos nestes elementos, embora deva ser tida em atenção a forte possibilidade de acumulação de poeiras de chumbo e pólvora não queimada, devido à proximidade com a boca de arma.

5.6 CONSIDERAÇÕES APLICÁVEIS A TODAS AS CT

Podem ainda considerar-se de uma forma abrangente as seguintes considerações respeitantes simultaneamente às CT interiores e exteriores:

- Deve ser evitada, sempre que possível, a possibilidade de acesso dos utilizadores da CT ao leito e aos alvos, quer durante as sessões de tiro quer fora dessas. Para tal, a concepção da CT deve prever acessos a estas zonas por corredores independentes, ou pelo exterior. São exemplos os túneis de acesso aos alvos nas CT exteriores e a colocação de plataformas horizontais ao longo de toda a plataforma de tiro, definindo uma barreira entre esta e o leito. Estes dispositivos não poderão em qualquer caso, interferir com o sistema de ventilação.
- Os materiais seleccionados para a construção de CT devem atingir o maior ciclo de vida possível, considerando a frequência da sua utilização, as restrições orçamentais e outras condicionantes. O seu período de vida útil deve ser definido face a dois termos: as instalações permanentes e as instalações de desgaste ou «sacrificáveis». As primeiras dizem respeito a todos os elementos das CT, exceptuando as segundas, que incluem os diafragmas e todos os equipamentos concebidos para absorção de projécteis. Segundo o ETL 06-11, as instalações permanentes devem ter um período de vida útil de 20 anos;
- As plataformas de tiro devem ser concebidas e os seus equipamentos dispostos, de forma a permitir permanentemente a observação e controlo de todos os procedimentos efectuados nos postos de tiro. Nas CT interiores, esta exigência deve ser garantida por uma cabina de controlo, disposta na parede anterior da plataforma e tiro, separada por vidro à prova de bala. Essa deve permitir o isolamento da zona de tiro, em termos de ruído e em termos de ventilação, garantindo simultaneamente acesso directo à mesma (NRA, 2004);
- As CT devem estar equipadas com sistemas de comunicação permanentes, telefónicos ou rádio. Destinam-se a permitir a comunicação entre a entidade que dirige a instrução e os atiradores e marcadores de alvos que se encontrem nos abrigos, facilitar a transmissão de

instruções ao pessoal utilizador da CT, controlar as sessões de tiro e comunicar com equipas médicas de emergência;

- As CT devem possuir sistema de iluminação de emergência (auto-alimentado – blocos autónomos) que garanta nível de iluminação mínimo para que possam ser efectuadas operações de segurança de armamento, deslocamento das pessoas e indicação das saídas em caso de falha de energia.

5.7 CASO DE ESTUDO – CT INTERIOR 25 M

5.7.1 DESCRIÇÃO SUMÁRIA

5.7.1.1 NOTA HISTÓRICA

A CT 25 m de Espinho, construída em 1999, encontra-se implantada no interior do actual aquartelamento do Regimento Engenharia nº 3, sito na localidade de Paramos, Espinho. A primeira IT de tiro que neste local se construiu data de 1864. Destinava-se a corresponder às necessidades da instrução de tiro das Unidades da Guarnição Militar do Porto, tendo sido constituída, nessa data, por uma faixa de terreno com 1200 m de extensão e 60 m de largura, confinando a Oeste com o oceano Atlântico (Nogueira, 1999). As suas infra-estruturas sofreram incontáveis remodelações e alterações até finais dos anos 90, quando foi encerrado o Campo de Tiro de Espinho. Entre as razões que levaram ao seu encerramento, encontra-se o forte avanço do mar registado ao longo dos anos, e a interdição de movimento de pessoas na praia e da navegação sempre que decorria a execução de tiro.

Com o encerramento do Campo de Tiro de Espinho, criaram-se condições para o desenvolvimento de uma infra-estrutura pioneira no Exército, que suprimisse totalmente as ZP, que culminou na construção da CT Interior de 25 m em Espinho.

A sua execução foi dividida em duas fases, tendo ficado concluída em 2003. Trata-se da primeira, e ainda única, CT interior no Exército.

5.7.1.2 INFRA-ESTRUTURAS

A CT consiste num edifício que lhe é inteiramente dedicado. Trata-se de um edifício de piso térreo com uma área implantação de 560 m^2, constituído por dois corpos perpendiculares entre si, com características funcionais distintas. O primeiro, com 160 m^2, alberga a zona de serviços, designadamente um gabinete, secretaria, recepção, arrecadação, sala de reuniões, sala de controlo de tiro e instalações sanitárias. O segundo volume, com 400 m^2, destina-se à zona de tiro.

A zona de tiro ou túnel de tiro constitui-se numa sala com cerca de 12 por 32 m, cujas paredes e laje de tecto são em betão armado com 0,20 m de espessura. Na plataforma de tiro, tem um pé direito livre de 3,40 m. O leito, em betonilha, tem um comprimento de 25 m e desenvolve-se com um declive de 2% descendente em direcção à linha de alvos. É composto pelos seguintes dispositivos:

- Dispositivo de pára-balas que é constítuido por duas fiadas sucessivas de cortinas de lâminas de borracha pára-balas, tipo JUNCOR (9,5 mm de espessura, 250 mm x 3700 mm), dispostas em ângulos de 30° e 120°, em relação ao eixo da CT, e por chapa de aço de 12 mm, revestindo toda a parede de fundo do compartimento que constitui a zona de tiro. Cobrindo anteriormente as cortinas de lâminas, dispõe de telas de borracha anti-fragmentação. Ambas são suspensas do tecto por fixações metálicas devidamente protegidas do impacto de projécteis. Não dispõe de qualquer dispositivo de recolha de projécteis;
- Paredes revestidas por painéis modulares de borracha anti-ricochete REGUPOL® de 43mm assente em estrutura reticulada de pinho tratado;
- Leito revestido por painéis de borracha compacta de alta densidade tipo SSB/REGUPOL®, assegurando um bom índice de absorção acústica e protecção anti-ricochete;
- Tecto constituído por diafragmas de aglomerado de madeira, borracha anti-ricochete, tela ignífuga, e ripas de madeira aparelhadas, com inclinações de cerca de 25° no sentido descendente da plataforma de tiro para a linha de alvos, desenfiando as vigas, podendo verificar-se, para atiradores de pé, a regra *no roof gap*;
- Plataforma de tiro horizontal com 4 m de profundidade, pavimentada e revestida pelos mesmos materiais aplicados no leito e paredes. Dispõe de 9 postos de tiro, separados por dispositivos de protecção contra a ejecção de invólucros, constituído por armação de rede metálica com 1,70 m de altura;
- Sistema de ventilação directo, com insuflação pela retaguarda da plataforma de tiro, e exaustão total nas imediações do dispositivo pára-balas, 80% através de condutas dispostas junto ao tecto a toda a largura da plataforma de tiro, antes dos alvos, e 20% por conduta lateral, após os alvos. O ar insuflado é 100% exterior e o ar extraído não é filtrado. O projecto preconizava um deslocamento laminar a uma velocidade de 0,25 m/s, caudais de insuflação e de extracção, respectivamente, de 40000 e 42000 m^3/h (secção transversal de passagem de 42 m^2);
- O dispositivo de insuflação previsto em projecto era do tipo “air wall”, construído através de parede em aglomerado de madeira e cimento prensados, tipo VIROC, perfurado, embora em obra se encontre apenas uma grelha metálica com cerca de 80% de espaços vazios (Figura 5.5);

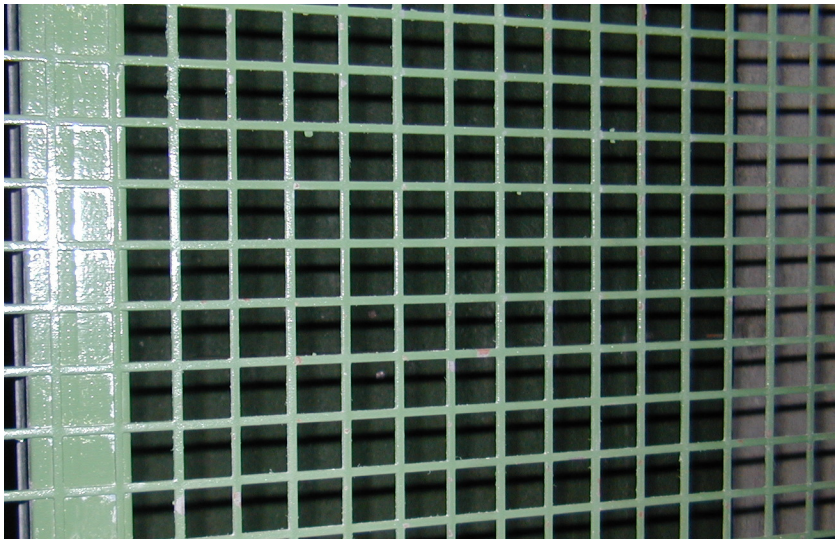


Figura 5.5 - Fotografia da grelha de insuflação.

- Bastidor de 9 alvos projectados em tela de papel (projecção de slides), num sistema electro-mecânico de registo de impactos, supervisado por uma instalação de televisão em circuito interno, com um monitor para cada posto de tiro. O paradorso de protecção do sistema de alvos consiste num degrau com inclinação de cerca de 45°, revestido com o mesmo material anti-ricochete utilizado no leito. A linha de alvos é fixa, podendo efectuar-se tiro às distâncias de 25, 15 e 10 m;
- Sala de controlo de tiro à retaguarda da plataforma de tiro, ao centro, permitindo a visualização geral da zona de tiro, separada por janela de vidro à prova de bala de 61 mm de espessura, assente em perfil com blindagem em aço. Esta dispõe de equipamento de controlo dos sistemas de alvos, de ventilação, de iluminação, fecho e abertura das portas da zona de tiro, entre outros;
- Iluminação artificial, constituindo-se por lâmpadas fluorescentes brancas colocadas atrás dos vigamentos, permitindo regulação dos níveis de intensidade em toda a zona de tiro, não provocando encandeamento do atirador;

Figura 5.6 - Fotografia, à esquerda, do sistema de projecção dos alvos e de iluminação, vista dos alvos para a plataforma de tiro, e à direita, do leito e diafragmas superiores, vista de um posto de tiro. Repare-se no desenfiamento conferido aos sistemas de projecção de alvos e de ventilação, pelos elementos construtivos, por sua vez correctamente desenfiados segundo a regra *no roof gap*.

- Saídas de emergência constituídas por portas blindadas com protecção acústica com barra anti-pânico e revestidas a borracha ondulada tipo anti-ricochete, igual à colocada nas paredes. Dispõe ainda de uma central convencional de detecção de incêndios, constituída por detectores de incêndio, botões e sirene de alarme, e sinalizadores de acção dos detectores.

5.7.2 ANÁLISE CRÍTICA

5.7.2.1 ANÁLISE

Esta infra-estrutura constituiu um projecto pioneiro, e quiçá, experimental para o Exército, uma vez que os regulamentos existentes não se lhe aplicavam e os exemplos existentes em Portugal deste tipo de infra-estruturas são escassos. Concebida seguindo as indicações de algumas das publicações citadas, e observações feitas em visitas a infra-estruturas do género em Portugal e na Alemanha, pode considerar-se que, ao nível do seu projecto (entenda-se a sua 2ª fase, datada de 2003), põe em prática a grande maioria das disposições apresentadas no presente texto.

Porém, a sua tradução em obra originou algumas questões, cuja discussão é pertinente, na perspectiva da evolução. Entre outras, podem destacar-se as emitidas no relatório da última visita de apoio técnico, realizada em Dezembro de 2005, que passam a detalhar-se:

- Deficiências no sistema de ventilação foram relatadas pelos utilizadores da CT, traduzidas de uma forma geral em incomodidade. O que houve a oportunidade de verificar é que a solução instalada diverge totalmente da solução concebida em projecto. Pretendia-se, correctamente, criar um pleno de ar, tipo "air wall", uma solução que, à partida, permitiria o escoamento uniforme de grandes caudais com baixas velocidades. No entanto, a solução instalada, tem demasiada área livre (cerca de 80%), o que não permite a formação do pleno, resultando numa insuflação efectuada directamente pelas condutas de admissão de ar ao pleno. Mesmo sem terem sido efectuadas medições no local, pode afirmar-se que, como as condutas de admissão têm secções muito inferiores à secção de cálculo (que corresponde a toda a secção da zona de tiro, na plataforma de tiro), a velocidade do escoamento é muito mais elevada à dimensionada, originando turbulência e recirculação do ar. Este facto é suportado pelo relato de utilizadores, referindo que não é possível ter uma folha de papel, para anotar os resultados do tiro, pousada na banqueta que suporta o monitor individual de visualização dos alvos, pois esta voa quando o sistema de ventilação está ligado;
- Deficiências no sistema de projecção dos alvos foram relatadas pelos utilizadores das CT, que referem que este apresenta dois problemas: a oscilação das telas de projecção com o sistema de ventilação ligado, o que impede a boa visibilidade dos alvos, e o suporte virtual dos alvos, ou seja, uma vez que os alvos são projectados, não é possível fazer o seu registo ou arquivamento, o que é exigido essencialmente em tiro desportivo, e também o poderá ser, quando se inserir em contexto de avaliação de desempenho. Face ao apresentado no ponto anterior, o primeiro problema remete para o sistema de ventilação, enquanto que o segundo tem origem numa incorrecta avaliação dos requisitos dos sistemas de alvos, face às necessidades da infra-estrutura. Refira-se que o projecto inicial, de 1999, previa a instalação de alvos giratórios, em vez de alvos projectados.

Além dos referidos em relatório, a visita efectuada permitiu ainda detectar o seguinte:

- Exaustão do ar extraído não prevê a sua filtragem. Embora esta situação, não devendo, possa ser aceite, alerta-se para o facto de o local de extracção estar voltado para uma via de serviço interno à Unidade acessível à passagem de qualquer militar, não constando no local, qualquer indicação sobre o perigo existente, nem nenhum indicador de funcionamento da CT;
- Acresce que a posição relativa do local de exaustão, face ao de insuflação, se encontra sensivelmente a Oeste desse. Uma vez que a implantação da CT é muito próxima da orla costeira, sendo os ventos dominantes de NW-NNW e, eventualmente, de SW, existirá forte possibilidade de o ar extraído da CT estar a ser de novo insuflado, facto que abona em favor da necessidade do ar extraído ser filtrado;
- Não dispõe de mecanismos de recolha dos projécteis disparados na zona do dispositivo pára-balas. Esse é dos principais defeitos apontados ao tipo de dispositivo adoptado.

5.7.2.2 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

Face às insuficiências registadas, demonstrando a aplicação das metodologias apresentadas no presente capítulo, apresentam-se as seguintes propostas de intervenção:

- Ao nível do sistema de ventilação, a solução está à vista, bastando para isso consultar o projecto de execução da CT. Passa pela instalação de um pleno de ar tipo "air-wall", constituído por placas perfuradas uniformemente numa área correspondente a 10% da área total da parede anterior da plataforma de tiro, dispostas em toda a sua superfície. As placas poderão ser perfuradas de acordo com as especificidades do projecto, ou através de painéis modulares de produtos comerciais, podendo até incluir condicionamento acústico;
- No que respeita a exaustão do ar extraído, devem ser instalados filtros HEPA, que permitam a purificação do ar extraído, não devendo esta disposição dispensar a indicação de perigo e sinalização de funcionamento da CT junto ao local de exaustão;
- Sobre o sistema de alvos adoptado, este permite uma grande versatilidade em termos do que se quiser projectar, reduzindo os custos com materiais, uma vez que o seu suporte é virtual, a existência de uma sistema de alvos alternativo, com alvos giratórios valorizará sempre a infra-estrutura. Além disso, a versatilidade que seria permitida ao sistema de projecção está, neste caso, muito reduzida uma vez que o sistema de projecção funciona por slides, o que exige que estes sejam reproduzidos em casas da especialidade, com pouca flexibilidade, nomeadamente no que respeita ao ajuste das dimensões projectadas com as reais. O sistema de projecção associado a um sistema informático poderá ser um dos melhoramentos a efectuar, embora nem sempre o registo informático corresponda às exigências das federações organizadoras de actividades de tiro;
- Não tendo sido encontradas referências particulares a mecanismos convencionais para remoção de projécteis em pára-balas de cortina de lâminas de borracha, a solução mais indicada traduz-se na implementação de uma política de manutenção deste dispositivo mais assídua.

As restantes anotações podem ser consideradas menos relevantes para a análise global desta infra-estrutura, embora não devam ser menosprezadas:

- As paredes da zona de tiro, segundo o projecto, são em betão armado. Face ao referido em 5.1, e uma vez que não é o papel dos elementos estruturais actuarem como dispositivos de desenfiamento, poderão estas ser substituídas por parede dupla de alvenaria, com benefício na redução de custos. Para tal, bastará testar a eficácia da combinação da parede dupla de alvenaria revestida a borracha anti-ricochete de 43 mm, assente em reticulado de madeira de pinho, ou aceitar a comprovação dada pelo fabricante do revestimento;
- As placas de borracha anti-ricochete utilizadas no revestimento de paredes são fixadas ao ripado de madeira, através de aparafusamento. Os parafusos devem ser aplicados até a sua cabeça estar inserida na borracha o suficiente para que não surja o risco de formação

de ricochetes. À luz desta nota, nas portas blindadas, bem como em todas as superfícies passíveis de provocar ricochetes, a aplicação deste material deve ser efectuada de forma a ficarem totalmente desenfiadas;

- Todos os materiais de revestimento utilizados no interior da zona de tiro têm elevada propensão para acumular com facilidade poeiras de chumbo e restos de pólvora provenientes da detonação. Devem estabelecer-se medidas específicas para a limpeza da zona de tiro, à luz do referido em 5.4.2.;
- Poderá ser estudado o efeito das baixas frequências do espectro da detonação nos elementos estruturais do tecto, uma vez que a sua altura se encontra nos comprimentos de ondas das baixas frequências, podendo ocorrer vibração da estrutura;
- Relativamente ao tecto, deve fazer-se notar que a regra *no roof gap* se deve aplicar a todas as posições de tiro, podendo ser necessárias banquetas de tiro móveis que permitam a elevação da origem de tiro, para as posições de tiro de joelhos e deitado;
- A existência de linhas de tiro afastadas da plataforma de tiro, que permitem efectuar tiro a 15 e 10 m, pode levantar questões de duas ordens: a primeira refere-se ao desenfiamento vertical, devendo ser cuidadosamente garantida a regra *no roof gap* para essas estações de tiro; a segunda refere-se à contaminação pelo chumbo e à eficiência do sistema de ventilação (lembra-se que a secção de cálculo é a da plataforma de tiro e que o leito é descendente). Devem ser verificados os parâmetros do escoamento a estas distâncias, e eventualmente ser ajustados os sistemas de ventilação, se tal for possível. Outra solução passaria pela concepção de sistemas de velocidade múltipla com tantos modos quantas as linhas de tiro, embora esta solução possa trazer dificuldades de conjugação entre caudais de insuflação e de exaustão.

CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES

A presente dissertação reúne um conjunto abrangente de conhecimentos interdisciplinares relativos aos processos decorrentes da prática de tiro em CT, introduzindo um corpo de metodologias, técnicas e dispositivos, cuja conjugação permitirá conduzir ou contribuir para o processo de planeamento, concepção ou análise de infra-estruturas deste tipo.

De entre outros, realçam-se os aspectos balísticos da segurança, os aspectos acústicos e ambientais do ruído e os aspectos da contaminação pelo chumbo, respeitantes ao impacte ambiental e ao risco para a saúde no trabalho.

A interpretação destes fenómenos, bem como de todas as suas considerações técnicas, deve ser realizada à luz do conceito expresso de CT, restringido à utilização de armas portáteis de tiro tenso, em modalidades de tiro de precisão e tiro instintivo. Não se pretende com a presente dissertação estabelecer normas ou preceitos indiscutíveis, nem quaisquer soluções técnicas nela descritas e discutidas podem ser aplicadas, sem a respectiva avaliação detalhada nas diversas perspectivas técnicas, como, entre outras, as especificidades de cada tipo de munição, calibre e arma.

A aplicação dos conceitos apresentados sobre desenfiamento, ruído e contaminação pelo chumbo também poderão não fazer sentido sem a devida adaptação e reinterpretação, à luz de outras modalidades de tiro, como o tiro de combate, tiro com obstáculos, tiro em movimento, ou teatros de tiro.

Devido à escassez de estudos detalhados, encontra-se também limitada a análise de alguns aspectos particulares, nomeadamente os relacionados com ruído de baixa frequência em CT, ruído impulsivo originado por armas de fogo, concentrações de chumbo no ar, solo e aquíferos em CT actualmente em funcionamento e taxas individuais de plumbémia em atiradores e instrutores de tiro em actividade.

No entanto, a sistematização da informação existente permite lançar bases de discussão e análise das condições actuais em que se encontram as infra-estruturas de tiro do Exército, expondo simultaneamente os elementos necessários e as lacunas existentes ao desenvolvimento de novas soluções.

Essa sistematização permite concluir que, à luz dos actuais conceitos de Segurança e Sustentabilidade, as disposições regulamentares existentes sobre esta actividade se encontram aquém dessas exigências. Esta constatação deve conduzir ao aprofundamento de uma reflexão, que tem vindo a tomar forma nas últimas décadas, sobre os paradigmas em que assentam as CT no Exército.

Nessa reflexão, a garantia da segurança, a eliminação das ZP, a redução dos impactes ambientais provocados pelo ruído e pelo chumbo e a salvaguarda da saúde no trabalho devem ser pilares fundamentais para a construção de novas formas de equacionar e conceber CT.

O novo paradigma deverá impulsionar a reformulação dos actuais regulamentos e manuais técnicos sobre características técnicas e construção de infra-estruturas de tiro, a definição dos contornos modernizados das novas infra-estruturas e a redefinição dos critérios de análise das infra-estruturas existentes, em termos da sua segurança, utilização e adequação, na perspectiva da sua readaptação.

Nesse âmbito, será de todo o interesse promover os seguintes estudos:

- Ruído de baixa frequência proveniente da detonação, e respectivas consequências no enquadramento das CT;
- Soluções de redução do impacte do ruído na vizinhança de CT exteriores, através de barreiras acústicas;
- Análise do impacte das CT exteriores na qualidade do ar, dos solos e dos recursos hídricos;
- Análise das taxas individuais de plumbémia em atiradores e instrutores de tiro;
- Análise de métodos e técnicas que permitam controlar ou monitorizar as taxas individuais de plumbémia, sem recurso a exames médicos frequentes;
- Análise de propriedades balísticas de combinações de materiais de construção na execução de barreiras anti-ricochete;
- Análise balística de ZP em CT exteriores totalmente desenfiadas aos tiros directos.

REFERÊNCIAS

- Anania, T. L., Seta, J. A. – "Lead Exposure and Design Considerations for Indoor Firing Ranges", publicise HEW nº 76-130, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Ohio, 1975.
- Barsan, M. E.; Miller, A. – "Health Hazard Evaluation (HHE) Report 91-0346-2572", FBI Academy, Virginia, Division of Surveillance, Hazard Evaluations and Field Studies (DSHEFS), 1996.
- Beranek, L. L. – "Noise And Vibration Control", McGraw-Hill, 1971.
- Canby, C. – "História do Armamento", colecção A Ciência Ilustrada, Livraria Morais Editora, 1965.
- Centro de Análise e Processamento de Sinais (CAPS) – "Ruído em Carreiras de Tiro: Prevenção de Riscos de Audição e Estudo das Condições Acústicas", Universidade Técnica de Lisboa (UTL), 1985.
- Direcção do Serviço de Fortificações e Obras do Exército (DSFOE) – "Carreiras de Tiro Interiores na Alemanha", relatório técnico da visita, Departamento de Logística, Ministério da Defesa Nacional, 1991.
- Environmental Protection Agency (EPA) – "Best Management Practices for Lead at Outdoor Shooting Ranges", United States Environmental Protection Agency, 2005.
- Fuller, I. – "A Influência do Armamento na História", texto de apoio código 22.009, da cadeira 22c História Militar, Academia Militar, Lisboa.
- Harris, C. M. – "Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control", McGraw-Hill, 2ª Edição, 1979.
- Harris, C. M. – "Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control", McGraw-Hill, 3ª Edição, 1991.
- Kasper, D. L., *et al* – "Harrison's Principles of Internal Medicine", 16th Edition, McGraw-Hill Professional, 2004.
- Lemos, M. A. – "Classificação e Construção de Carreiras de Tiro", Papelaria Fernandes Livraria, 1945.
- National Association of Shooting Ranges (NASR) – "Lead Management and OSHA Compliance For Indoor Shooting Ranges", National Shooting Sports Foundation (NSSF), Inc, 2005.
- National Rifle Association (NRA) – "The Range Source Book", 2004.

- National Shooting Sports Foundation (NSSF) – "Environmental Aspects of Construction and Management of Outdoor Shooting Ranges", Facility Development Series, number 2, National Shooting Sports Foundation, 1997.
- Nogueira, L. F. – "Notícia Histórica das Infra-Estruturas de Tiro do Exército", Direcção de Documentação e História Militar, Comando do Pessoal, Exército Português, 1999.
- Ramos, J. A. – "Fortificação e Arquitectura Militar – 2º volume", apontamentos da 57ª cadeira da Academia Militar, Lisboa, 1970.
- Small Arms Firing Range Team (SAFRT) – "Environmental Management at Operating Outdoor Small Arms Firing Ranges", Interstate Technology and Regulatory Council (ITRC), 2005.
- Sousa, A. N. – "A propagação de ruído no domínio das baixas frequências e a sua influência no conforte em edifícios", publicação da Jornada sobre Requisitos Acústicos para Edifícios, Instituto Superior Técnico (IST), 2002

Normas e Regulamentos Nacionais

- Lei n.º 05/2006, de 23 de Fevereiro – Regime Jurídico das Armas e suas Munições.
- Decreto-Lei nº 274/89, de 21 de Agosto – Protecção dos trabalhadores contra os riscos resultantes da exposição ao chumbo e aos seus compostos iónicos nos locais de trabalho.
- Decreto-Regulamentar nº 9/92 de 28 Abril – Ruído no trabalho.
- RGR – Regulamento Geral do Ruído.
- RAD-38-1 – Regulamento Administrativo das Infra-Estruturas de Tiro, 1988.
- MT-38-2 – Caracterização e Técnica das Infra-Estruturas de Tiro, Manual Técnico, 1989.
- RTFSCCT – Regulamento Técnico e de Funcionamento e Segurança das Carreiras e Campos de Tiro, 2007

Outras Normas e Regulamentos

- Engineering Technical Letter (ETL) 06-11 (Change 1) - "Small Arms Range Design and Construction", Headquarters Air Force Civil Engineer Support Agency, Department of the Air Force, United States of America, 2005.
- Technical Manual NEHC-TM6290.99-10 Rev.1 "Indoor Firing Ranges Industrial Hygiene Technical Guide", Navy Environmental Health Center (NEHC), Department of The Navy – United States of America, 2002.
- STANAG nº 2899 – Protection of Hearing, 2001

- 29 Code of Federal Regulation (CFR) 1910.1025 – General Industry Lead Standard, 1978.
- Military Handbook (MIL-HBDK) 1027/3B – Range Facilities and Other Miscellaneous Training Facilities Other Than Buildings, 1989

ANEXO A – TABELAS DE EFEITO DE PENETRAÇÃO DE PROJÉCTEIS

Quadro 7-3: Penetração, em centímetros, da munição calibre .30, Normal M 2 (velocidade inicial 2800 pés/seg ou 853 m/seg)

Materiais	A 183 m (=200 Jardas)		A 550 m (=600 Jardas)		A 1372 m (=1500 Jardas)	
	Acima de	Máximo	Acima de	Máximo	Acima de	Máximo
Blindagem (homogénea)	—	0,75	—	—	—	—
Areia (45,3 Kg de areia seca por 28,32 dm^3)	41	43	20	25	15	18
Barro (45,3 Kg de barro seco por 28,32 dm^3)	35	41	30	35	18	23
Cimento (1: 2 1/2: 5 de cimento, areia e cascalho)	—	2,50	—	2,5	—	2,5
Carvalho (espessura de 61 cm, constituída por barrotes de 6,35 cm x 30,5 cm)	33	45	28	38	25	28

O valor de 45,3 Kg por 28,32 dm^3 corresponde, em medidas inglesas, a 100 libras por pé cúbico.

Tabela A.1 – Penetração da munição de calibre .30, Normal M2 (Referência: MT-38-2)

Quadro 7-4: Penetração, em centímetros, da munição calibre .30, Perfurante M 2 (velocidade inicial 2765 pés/seg ou 843 m/seg)

Materiais	A 183 m (=200 Jardas)		A 550 m (=600 Jardas)		A 1372 m (=1500 Jardas)	
	Média	Máxima	Média	Máxima	Média	Máxima
Blindagem (homogénea)	—	1,27	—	0,75	—	0,25
Blindagem (face endurecida)	—	0,75	—	0,5	—	0,25
Areia (45,3 Kg de areia seca por 28,32 dm^3)	45	51	23	28	18	23
Barro (45,3 Kg de barro seco por 28,32 dm^3)	41	45	33	38	23	25

Tabela A.2 – Penetração da munição de calibre .30, Perfurante M2 (Referência: MT-38-2)

Quadro 7-5: Penetração, em centímetros, das munições 7,62 mm e 9 mm					
Velocidade inicial	Parebellum		Walther 9 mm m/961		
	7,65 mm m/908	9 mm m/943			
	350 m/seg	330 m/seg	373 m/seg		
Materiais	Penetração, em cm, às distâncias de:				
	50 m	50 m	25 m	30 m	200 m
Terra solta			36 cm	35 cm	31 cm
Areia			26 cm	25 cm	21 cm
Madeira de pinho	16 cm	14 cm	23 cm	23 cm	17 cm
Madeira de faia	7 cm	5 cm			
Folha de ferro	0,8 cm				
Chapa de ferro com 2 mm de espessura, com incidência de 90°			Perfura		

Tabela A.3 – Penetração da munição de calibre 7,62 mm e 9mm (Referência: MT-38-2)

Quadro 7-6: Penetração, da munição 12,7 mm, com bala perfurante, sob ângulo de incidência de 70 a 90° (velocidade inicial de 890 m/seg)		
Distâncias a que se encontrem os alvos e incidências dos projécteis		Penetração da blindagem
90°	70°	
90 m	—	2,5 cm
365 m	183 m	1,9 cm
640 m	456 m	1,25 cm

Tabela A.4 – Penetração da munição de calibre 12,7 mm (Referência: MT-38-2)

Quadro 7-7: Espessura mínima para protecção real			
Natureza da cobertura	Espessuras (em cm)		
	Cart 5,56 mm	Cart 7,62 mm e .30"	Cart .50"
Betão (5.000 psi)	15	18	30
Cascalho	35	50	76
Areia seca	40	60	80
Areia molhada	65	90	120
Barrotes juntos por arames	70	100	150
Terra batida	80	120	150
Terra compacta	90	130	170
Terra removida recentemente	100	140	180
Argila plástica	110	165	254

Tabela A.5 – Espessuras mínimas para protecção real (Referência: MT-38-2)

Quadro 7-8: Espessura mínima, em centímetros, para protecção real contra a munição 7,62 mm NATO, disparada em rajadas, a 100 m	
Paredes em materiais duros	
— Betão armado	15
— Betão simples ou alvenaria de pedras	30
— Alvenaria de tijolo	45
— Madeira	60
Paredes em materiais soltos retidos entre pranchas	
— Pedaços de tijolos, cascalho ou gravilha	30
— Areia seca	30
— Terra seca	60
Sacos de terra cheios de:	
— Pedaços de tijolos, cascalho ou gravilha	50
— Areia seca	50
— Terra seca	75
Parapeitos soltos em:	
— Areia seca	60
— Terra seca	90
— Areia húmida (mais 100% do que em areia seca)	120
— Terra húmida (« 50% « « « terra «)	135

Tabela A.5 – Espessuras mínimas de protecção contra munição 7,62 mm NATO, disparada em rajada, a 100 m (Referência: MT-38-2)

ANEXO B – NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA E ESPECTROS DE FREQUÊNCIAS

carreira de pontaria instintiva

Local de medida	Walter 9mm	Espin. 7,62mm	HK 21 (raj.)	Caçad. 18,3mm	Espin. 5,6mm
	L_{rms} (dB A)				
à boca da arma (20 a 30 cm)	116*	119	137	109	87
2 a 3 m lateral	112*	110	134*	109	80*
a 50 m da arma	80*	96	103	92	66*
a 100 m "	77*	87*	94*	85*	60*
a 150 m "	73*	85	92	82*	56*
a 200 m "	70*	79*	86*	79*	53*
a 300 m "	67*	76*	83*	76*	50*
a 400 m "	64*	72*	79*	72*	47*
a 500 m "	61*	70*	77*	70*	--*

* previsão teórica

Figura B.1 – Níveis de Pressão Sonora de disparos em CT pontaria instintiva (Referência: CAPS)

carreira de 300 metros

Local de medida	Espin. G3 (7,62mm)
	L_{rms} (dB A)
à boca da arma (20 a 30 cm)	124
2 a 3 m lateral	120
a 50 m da arma	101
a 100 m "	92*
a 200 m "	83
a 300 m "	80*
a 400 m "	77*
a 500 m "	76*

* previsão teórica

Figura B.2 – Níveis de Pressão Sonora de disparos em CT 300 m (Referência: CAPS)

carreira de pistola

Local de medida	L_{rms} (dB A) Walter 9mm
à boca da arma (20 a 30 cm)	123
2 a 3 m lateral	123
a 50 m da arma	80*
a 100 m "	77*
a 200 m "	70
a 300 m "	67*
a 400 m "	64*
a 500 m "	61*

* previsão teórica

Figura B.3– Níveis de Pressão Sonora de disparos em CT de pistola (Referência: CAPS)

carreira de 25 metros

Local de medida	Walter 9mm	Espin. 7,62mm	HK 21 (raj.)
	L_{rms} (dB A)		
à boca da arma (20 a 30 cm)	116	117	137*
2 a 3 m lateral	112	117	134
a 50 m da arma	80	96*	103*
a 100 m "	77	87*	94*
a 200 m "	70*	79*	86*
a 300 m "	67*	76*	83*
a 400 m "	64*	72*	79*
a 500 m "	61*	70*	77*

* previsão teórica

Figura B.4– Níveis de Pressão Sonora de disparos em CT 25 m (Referência: CAPS)

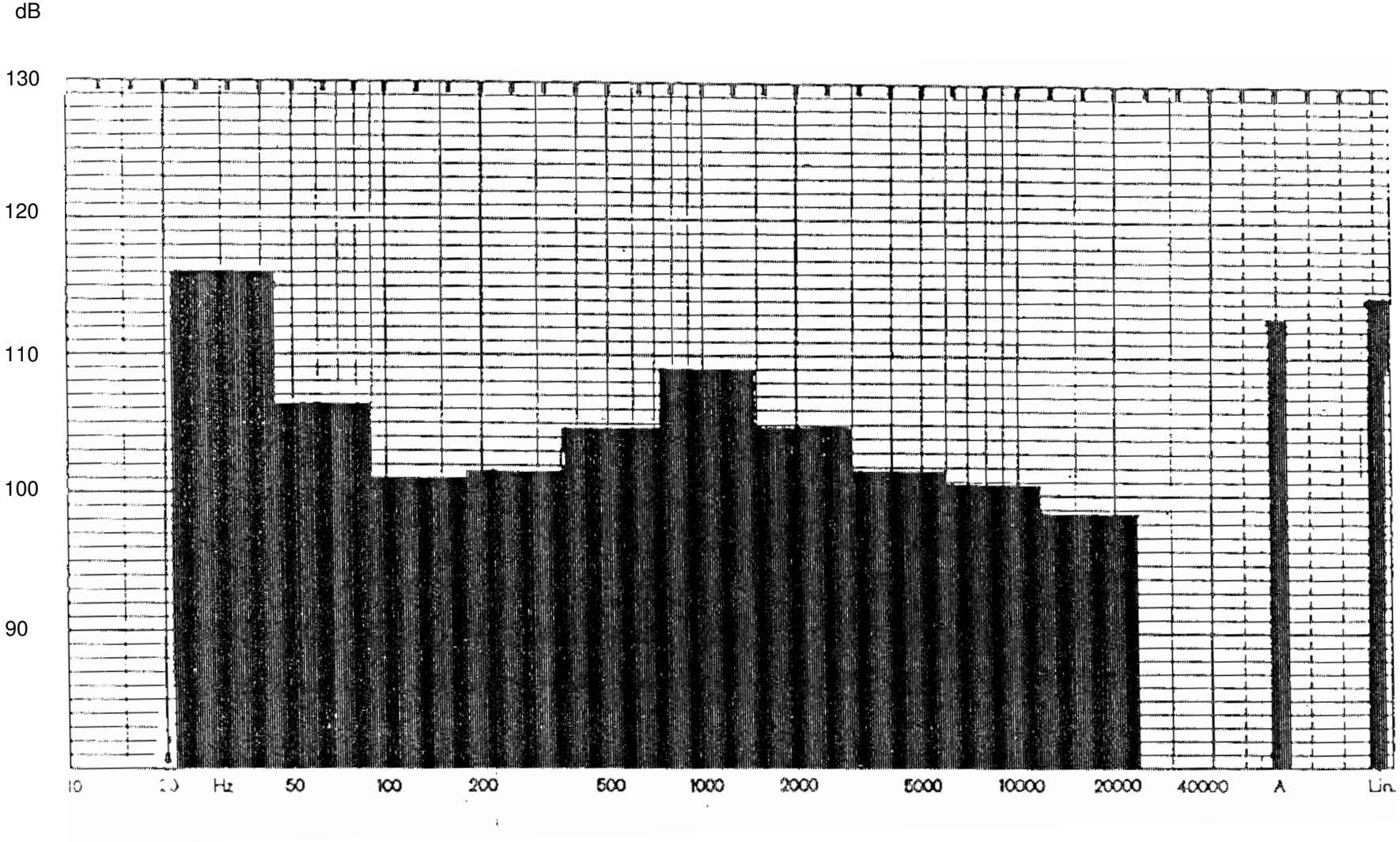


Figura B.5 – Espectro de frequências da detonação de WALTER 9mm, CT 25 m, a 2,5 m de distância (Referência: CAPS)

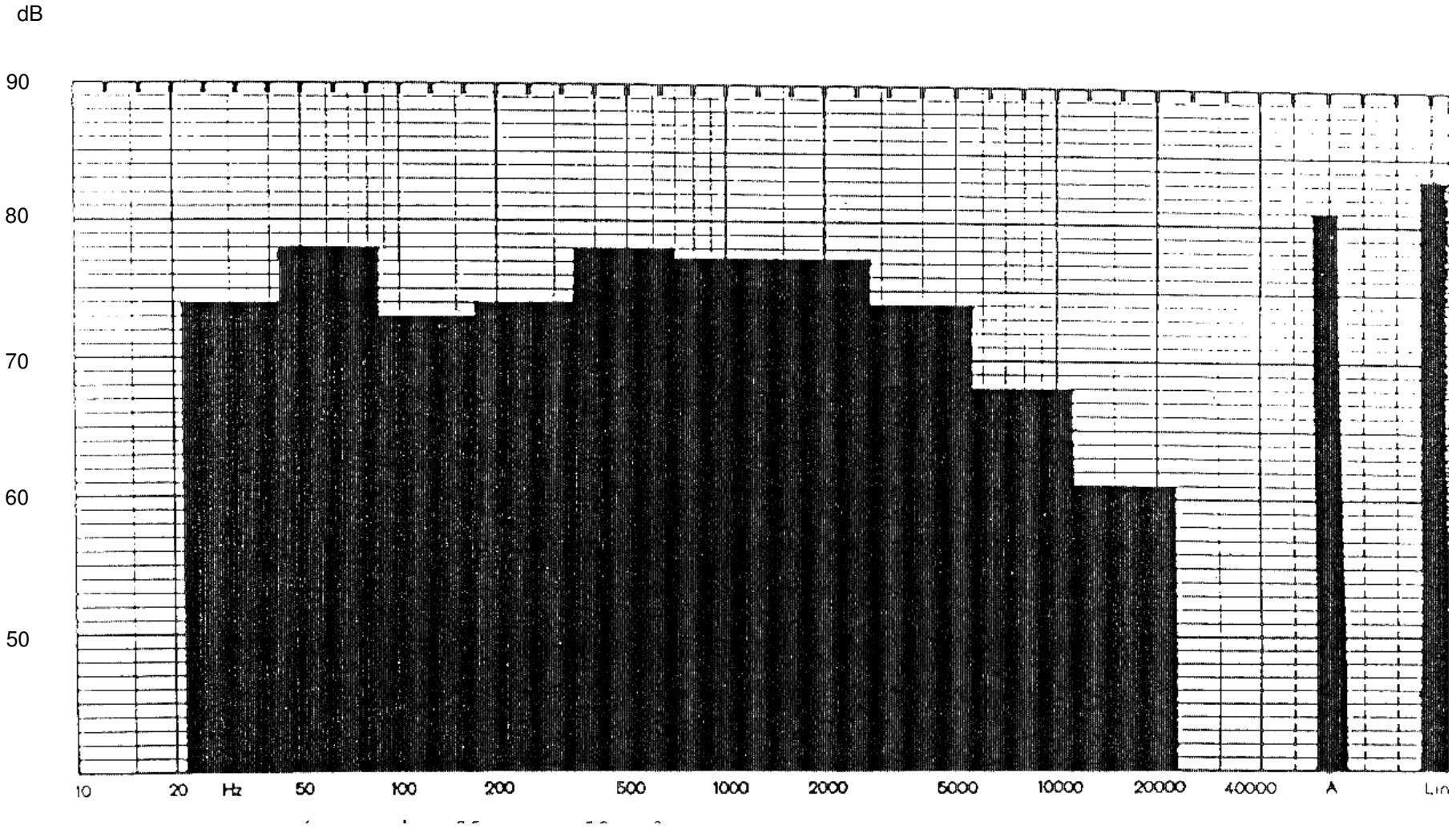


Figura B.6 – Espectro de frequências da detonação de WALTER 9mm, CT 25 m, a 50 m de distância (Referência: CAPS)

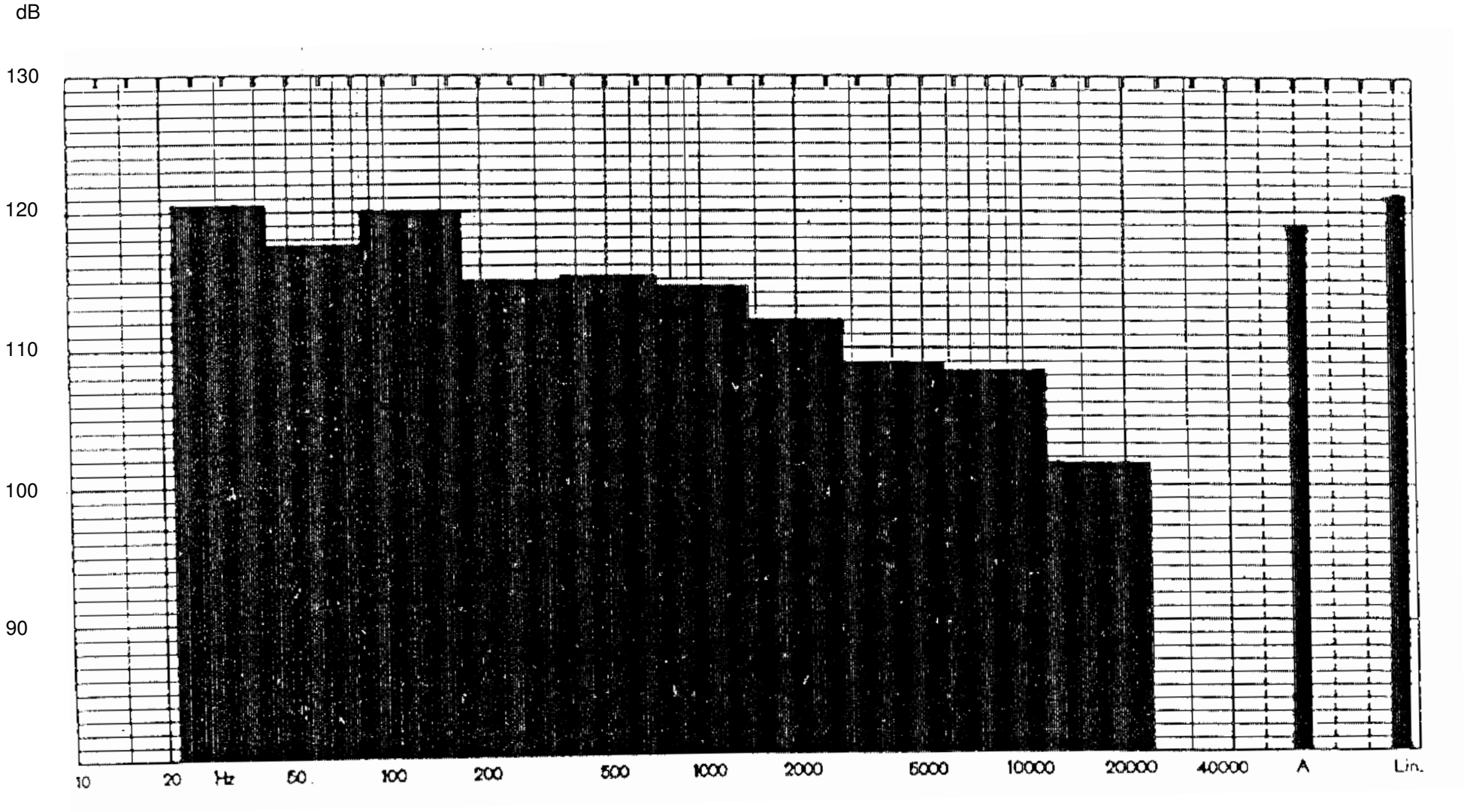


Figura B.7 – Espectro de frequências da detonação de G3 7,62 mm, CT 25 m, a 2,5 m de distância (Referência: CAPS)

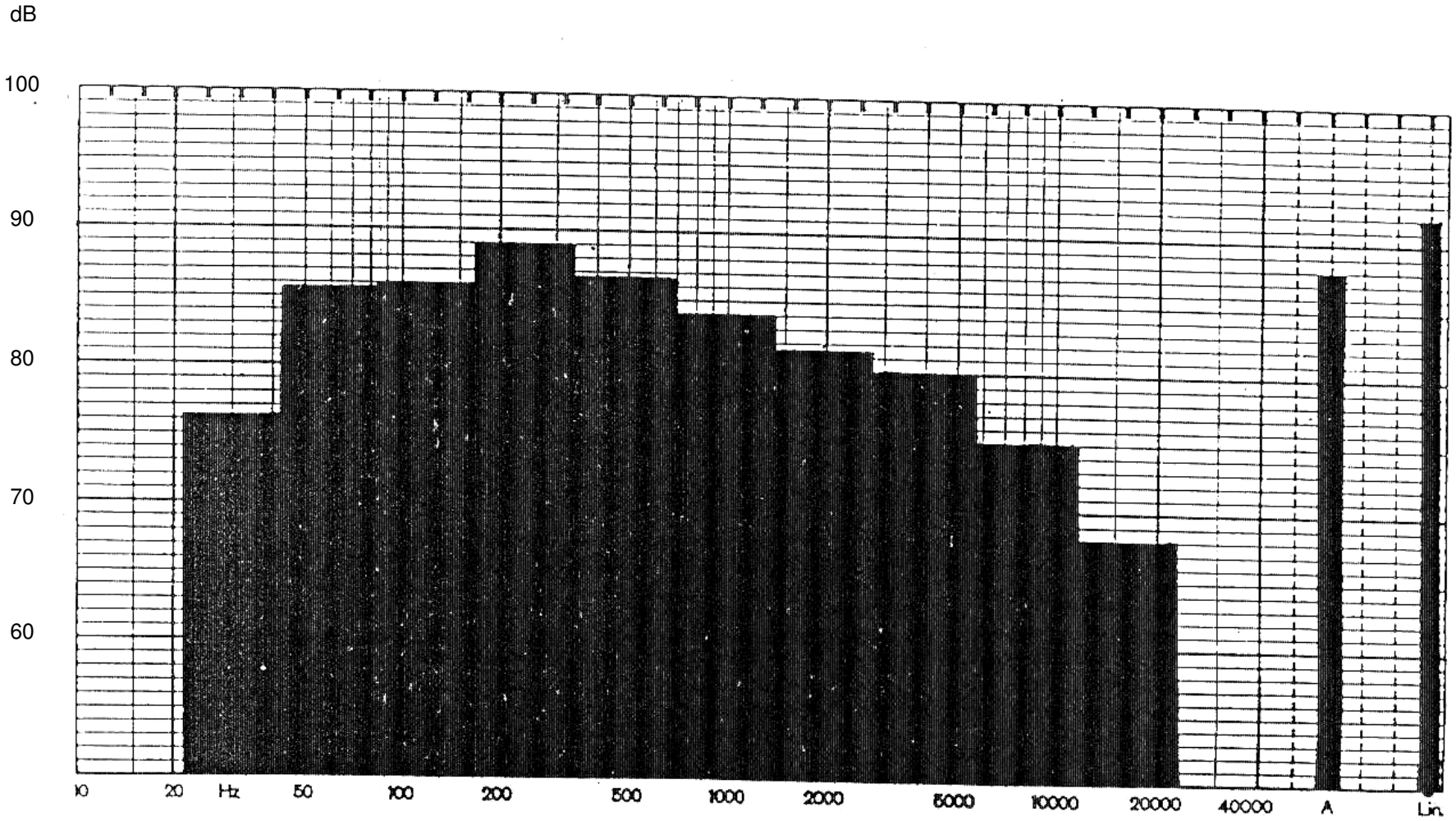


Figura B.8 – Espectro de frequências da detonação de G3 7,62 mm, CT 25 m, a 50 m de distância (Referência: CAPS)

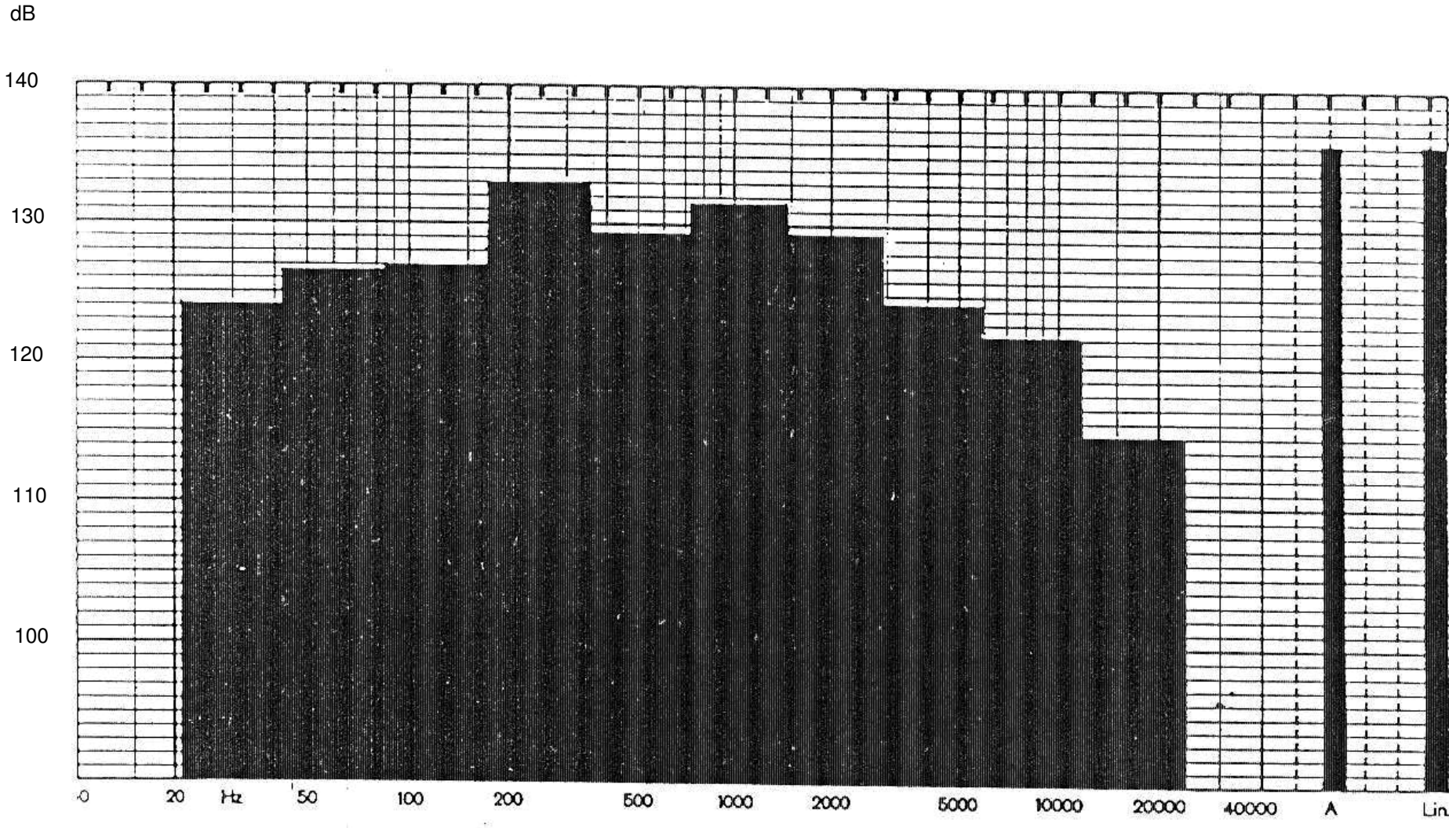


Figura B.9 – Espectro de frequências da detonação de HK21 rajada 7,62 mm, CT 25 m, a 2,5 m de distância (Referência: CAPS)

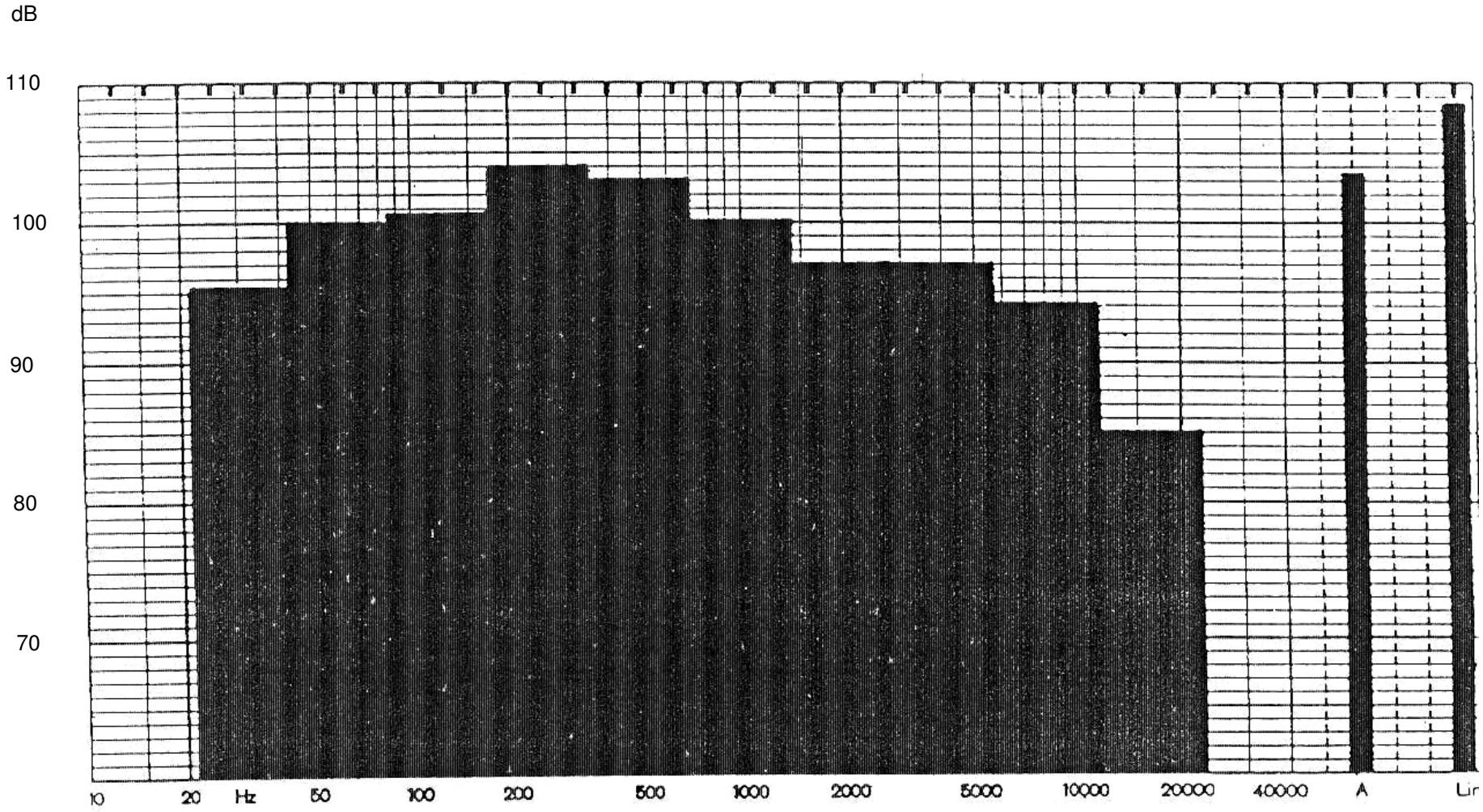


Figura B.10 – Espectro de frequências da detonação de HK21 rajada 7,62 mm, CT 25 m, a 50 m de distância (Referência: CAPS)